1. Akad. nauk

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES

DE

SAINT-PÉTERSBOURG.

VIIe SÉRIE.

TOME XXXIV.

(Avec 10 planches)

LIBRARY OF CONGRESS
Smithsonian
Collection
CITY OF WASHINGTON

SAINT-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel)

Prix: 7 Roubl. 25 Cop. = 24 Mk. 15 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des Sciences.
Décembre, 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimérie de l'Académie Impériale des sciences.
Vass.-Ostr. 9e ligne, № 12.

506.47
A33
7e ser.
t.34
1886
W.Stks.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XXXIV.

№ 1.

Materialien zur Kenntniss der Fauna der devonischen Ablagerungen Sibiriens. Von **Alexander Stuckenberg.** (Mit 4 Tafeln) 19 pages.

№ 2.

Untersuchung der Repsold'schen Theilung des Pulkowaer Verticalkreises nebst Auseinandersetzung der angewandten Untersuchungsmethode. Von **Magnus Nyren.** 37 pages.

№ 3.

Ueber die Absorptionscoefficienten der Kohlensäure in den zu diesem Gase indifferenten Salzlösungen. Von **J. Setschenow.** (Mit 1 Tafel) 24 pages.

№ 4.

Syrische Grabinschriften aus Semirjetschie, herausgegeben und erklärt von **D. Chwolson.** (Mit 1 Tafel) 30 pages.

№ 5.

Ueber die allgemeine Beugungsfigur in Fernröhren. Von **Hermann Struve.** 15 pages.

№ 6.

Ueber die Schichtenfolge in den Carbonablagerungen im südlichen Theil des Moskauer Kohlenbeckens. Von **A. Struve.** (Mit 1 Karte) 107 pages.

№ 7.

Bestimmung der Inductionscoefficienten von Stahlmagneten. Von **H. Wild.** 32 pages.

№ 8.

Comet Encke 1865 — 1885. Von **O. Backlund.** 43 pages.

№ 9.

Zur Kenntniss der adephagen Coleopteren. Von **August Morawitz.** 88 pages.

№ 10.

Die etwas näheren Bestimmungen der Waluewit-Krystalle von der Grube Nikolaje-Maximilianowsk. Von **N. v. Kokscharow.** 17 pages.

№ 11.

Der magnetische Bifilar-Theodolith. (Mit 2 Figuren-Tafeln) Von **H. Wild.** 44 pages.

№ 12.

Untersuchungen über einen speciellen Fall des Problems der drei Körper. (Mit 1 Tafel) Von **Paul Harzer.** VI et 156 pages.

№ 13 ET DERNIER.

Kritische Versuche zur ältesten griechischen Geschichte. I. Kypros und der Ursprung des Aphroditekultus. Von **Alex. Enmann.** 85 pages.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 1.

MATERIALIEN
ZUR KENNTNISS DER FAUNA
DER DEVONISCHEN ABLAGERUNGEN SIBIRIENS.

VON

Alexander Stuckenberg.

Mit 4 Tafeln.

(*Lu le 7 mai 1885.*)

4 3
7 1 8

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mrk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N 1.

MATERIALIEN
ZUR KENNTNISS DER FAUNA
DER DEVONISCHEN ABLAGERUNGEN SIBIRIENS.

VON

Alexander Stuckenberg.

Mit 4 Tafeln.

(*Lu le 7 mai 1885.*)

IV 30

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mrk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Février, 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Die Fauna der devonischen Ablagerungen Sibiriens ist bisher wenig erforscht und die sich darauf beziehende Literatur folglich nicht reich. Mir sind nur zwei kleine Notizen bekannt, die dieser Frage gewidmet sind. Die eine gehört dem Grafen Keyserling, die andere Prof. Geinitz. Graf Keyserling[1]) hat in Hofmann's[2]) Werk «Reise nach den Goldwäschen Ostsibiriens» die Beschreibung einer kleinen Serie von Petrefacten eingerückt, welche aus den an der Inja anstehenden Kalksteinen stammen. Die Notiz des Prof. Geinitz finden wir in Cotta's[3]) Werk «Der Altai». Meine gegenwärtige Abhandlung vervollständigt einigermaassen unsere Kenntniss der devonischen Fauna Sibiriens, erschöpft aber bei weitem nicht den Gegenstand. Das meiner Arbeit als Grundlage dienende Material wurde mir freundlichst von dem Herrn Akademiker Schmidt überlassen, wofür ich ihm meinen besten Dank auszusprechen für Pflicht halte. Auch dem Herrn Bergingenieur Lopatin und dem Herrn Martianow habe ich meine Erkenntlichkeit darzubringen, denn dieses Material ist Dank ihren Bemühungen in Sibirien gesammelt worden.

I.

DIE FAUNA DER AM FLUSSE BEJA IM MINUSSINSKISCHEN BEZIRKE, IM GOUV. JENISSEISK, IN OSTSIBIRIEN ENTWICKELTEN DEVONISCHEN SCHICHTEN.

Die erste Kunde von den in der Umgegend des Dorfes Bejskoè, im Minussinskischen Bezirke gefundenen Schichten mit organischen Resten verdanken wir Herrn N. Martianow. In einem an den Herrn Bergingenieur Lopatin adressirten Briefe vom 16. Januar 1876 theilt Herr Martianow mit, dass er von den Ufern des Bejski-Sees, der in einer Entfer-

1) Graf Keyserling. Beschreibung der Petrefacten aus dem Kalksteine der Inja.

2) Ernst Hofmann. Reise nach den Goldwäschen Ostsibiriens. Beiträge zur Kenntn. des Russ. Reiches. Bd. 12, 1847.

3) B. Cotta. Der Altai. Leipzig 1871. S. 97—100.

nung von 250 Werst von der Stadt Minussinsk liegt, Musterstücke von Gesteinen und eine kleine Sammlung von Petrefacten[1]) erhalten, unter denen er Reste von Korallen, Crinoiden und Brachiopoden unterschieden habe, die in grauem Kalkstein enthalten sind. Herrn Martianow's Mittheilung blieb nicht ohne Folgen; sie bewog den Herrn Akademiker Schmidt bei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften die Mittel zu einer Beorderung H. Lopatin's nach dem Minussinskischen Bezirke zu geologischen Forschungen auszuwirken. Diesen Auftrag der Akademie führte Herr Lopatin, theilweise in Begleitung Herrn Martianow's, im Sommer 1876 aus.

Eine der von der Akademie vorgezeichneten Aufgaben war das Erforschen der in der Umgegend des Dorfes Bejskoë liegenden Schichten mit organischen Resten. Nach vollendeter Reise brachte Herr Lopatin der Akademie der Wissenschaften sein Reisejournal, die Karte seiner Reiseroute und eine Sammlung von Gesteinen und Petrefacten. Ein Theil der von Herrn Lopatin gelieferten Sammlung hat Herrn Schmalhausen bei der Beschreibung der Flora der Steinkohlenformation einiger Gegenden Ostsibiriens als Material gedient; der andere hat mir die Möglichkeit gegeben, vorliegende Uebersicht der Fauna in den devonischen, an der Beja entwickelten Schichten zu bieten. Dank der Freundlichkeit Herrn Martianow's hatte ich schon früher eine von ihm am Dorfe Bejskoë persönlich gemachte Sammlung von Versteinerungen erhalten und kam damals schon zu dem Schlusse, dass diese aus devonischen Schichten stammen müssten. Als ich dann durch die gütige Mitwirkung des Akademikers Schmidt das ganze an dem Fl. Beja gesammelte paläontologische Material erhielt, konnte ich meine früher gebildete Ansicht nur bestätigen. Die Bearbeitung des von den Herren Lopatin und Martianow gesammelten Materials bot mir Gelegenheit den 5. März 1878, in der Sitzung der Naturforschergesellschaft an der Universität zu Kasan eine Mittheilung zu machen. In das Protocoll[2]) dieser Sitzung ist eine von mir verfasste Notiz über die an der Beja entwickelten devonischen Schichten aufgenommen; darin gebe ich u. a. das Verzeichniss der besonders charakteristischen Formen, welche, in dem grauen Kalkstein bei dem Dorfe Bejskoë gefunden, das devonische Alter desselben bestimmen. In dieser Notiz wurden einige Formen nur auf Grund einer approximativen Definition angeführt, weshalb es sich jetzt als nothwendig erwiesen hat, dieselben aus dem Verzeichniss gänzlich zu streichen. Das aufmerksame Studium des an der Beja gesammelten Materials hat mich ausserdem überzeugt, dass zu den Bestandtheilen dieser Fauna auch neue Arten hinzutreten. Es scheint mir hier am Platze, über die Lagerungsbedingungen und den petrographischen Charakter der devonischen Schichten an der Beja einige Worte zu sagen. Zu diesem Zwecke werde ich von Herrn Lopatin's Tagebuch[3]) Gebrauch machen, das als Ma-

1) Die Untersuchungen Hrn. Lopatin's haben gezeigt, dass es an den Ufern des Bejskoë-Sees gar keine Schichten mit Thierresten giebt; die Hrn. Lopatin zugesandten Petrefacten erwiesen sich vom Flusse Beja, aus der Umgegend des Dorfes Bejskoë kommend.

2) Protocoll der 99sten Sitz. der Naturforschergesellsch. an der Univ. zu Kasan. 1878, Kasan. Russ.

3) Das Manuscript ist betitelt: Eine Fahrt nach dem

nuscript im Archiv der Akademie der Wissenschaften aufbewahrt wird, und mir von dem Herrn Akademiker Schmidt zur Benutzung überlassen wurde.

Das Dorf Bejskoë, in dessen Nähe die Versteinerungen in den devonischen Schichten gefunden wurden, liegt an der Beja (einem Nebenflusse des Abakan), die an dem nördlichen Abhange des Sajanischen Gebirges entspringt. Nach Hrn. Lopatin's Angaben treten die devonischen Schichten in den Ufern der Beja auf einer Strecke von mehreren Wersten hervor, doch das vollständigste Profil dieses Lagers traf Herr Lopatin dicht am Dorfe Bejskoë im hohen rechten Ufer, der Kirche gegenüber, wo dasselbe auch eine Menge organischer Reste enthält. Herrn Lopatin's Angaben zufolge muss der Schluss gezogen werden, dass die devonischen Schichten an der Beja aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage gebracht sind und ein ziemlich steiles Fallen haben. Der von devonischen Schichten bedeckte Flächenraum bleibt in dieser Gegend unbestimmt, ist aber wohl kaum von bedeutendem Umfange.

Die an der Beja entblösste devonische Schicht unterliegt augenscheinlich lehmig-sandigen Formationen, welche stellenweise Steinkohlenlager enthalten. Der Professor der Kiewer Universität, J. Schmalhausen[1]), hat diese Bildungen wegen der in denselben enthaltenen Pflanzenreste zur Steinkohlenformation, und zwar zu dem untern Theile derselben gerechnet. Diese Steinkohlenlager scheinen im Minussinskischen Bezirke stark entwickelt zu sein.

BESCHREIBUNG

DER FAUNA IN DEN DEVONISCHEN BILDUNGEN, DIE AN DEM DORFE BEJSKOË, AN DER BEJA, IM MINUSSINSKISCHEN BEZIRKE DES GOUV. JENISSEISK ENTBLÖSST SIND.

I. Arthropoda.

A. CRUSTACEA.

A. Trilobitae.

Phacops Emmr.

Phacops sp. Taf. IV Fig. 6 und 7. Unter dem von Herrn Lopatin gesammelten Material befinden sich zwei Schwanzschilder, die einer und derselben Art dieser Gattung angehören, obgleich sie auf den ersten Blick etwas verschieden zu sein scheinen. Das kommt von dem ungleichen Erhaltungsgrade. Das auf Fig. 7 abgebildete Schwanzschild ist vollständiger als das stark beschädigte Schild, welches Fig. 6 zeigt, dafür aber bietet letzteres meist nur den Kern. Das der an der Beja gefundene Trilobit zu der Gattung

---

Dorfe Bejskoë und dem Berge Isych im J. 1876, ausgeführt im Auftrage der Akademie der Wissenschaften von dem Bergingenieur J. A. Lopatin.

1) Mélanges phys. et chim. tirés du Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersb. T. X, p. 733—756. Ein fernerer Beitrag zur Kenntniss der Ursastufe Ostsibiriens von J. Schmalhausen.

Phacops gehört, scheint mir hinlänglich bewiesen, sowohl durch die abgerundeten Umrisse der Schwanzschilde, als auch dadurch, dass deren mittlerer Theil den hintern Rand nicht erreicht. Die Umrisse der Schwanzschilde des an der Beja gefundenen Trilobiten sind, wie gesagt, rund, wobei ihre Höhe 12^{mm} und die Breite 20^{mm} gleichkommt. Auch muss bemerkt werden, dass sie von einer glatten, 1^{mm} breiten Randbordüre eingefasst sind. An den Externloben der Schwanzschilde unterscheidet man zu zehn Rippen auf jeder Seite und eben so viele Ringe am mittleren Lobus, welcher den hintern Rand um 2^{mm} nicht erreicht. An der äusseren Oberfläche der Schale kann durch die Lupe eine eigenthümliche Sculptur beobachtet werden.

II. Mollusca.

A. GASTEROPODA.

Murchisonia d'Arch et Vern.

Murchisonia sp. Taf. III, Fig. 6 und 7. Zu meiner Verfügung stehen 6 Kerne, die ich zu einer der Arten dieser Gattung rechne. Davon ist der vollständigere mit Fig. 7 abgebildet. In Fig. 6 habe ich den durch seine Dimensionen bedeutendsten Kern dargestellt. Die Zugehörigkeit dieser Kerne zu der Gattung Murchisonia kann, wie mir scheint, durch die Gesammtform und den eckigen Umriss der Durchschnitte ihrer Windungen bestätigt werden.

B. LAMELLIBRANCHIATA.

Pterinea Goldf.

Pterinea Minussinensis Stuckenberg Taf. I, Fig. 15 und 16. In den vereinigten Sammlungen der Herren Lopatin und Martianow haben sich 6 rechte Klappen gefunden, die einer und derselben Form der Lamellibranchiata zu gehören, und die ich, durch die Gesammtform der Schalen geleitet, zu der Gattung Pterinea rechne. Sie haben in der That einen geraden Schlossrand, der sich nach hinten zu als ziemlich grosser Flügel hinzieht; der Vorderflügel ist wenig entwickelt und an sämmtlichen Exemplaren abgebröckelt. Im Allgemeinen sind die Schalen etwas schief gezogen, ziemlich gewölbt, besonders am Wirbel, der am Schlossrande vortritt und nach vorn zu ausgebogen ist. Der Mantelrand ist abgerundet, die Muschel ziemlich dick, von groben Anwachslinien bedeckt. Die Beja-Art unterscheidet sich durch die äussere Form recht scharf von andern Arten. Auf der Tafel I, Fig. 15 und 16 sind die Muschelschalen von *Pterinea Minussinensis* in natürlicher Grösse dargestellt.

Leda Schum.

Leda sp. Taf. III, Fig. 8 *a*, *b*, *c*. In Hrn. Lopatin's Sammlung ist ein Kern, welcher nach der Form im Allgemeinen, zu einer von den Arten dieser Gattung gehört, da keine Zahnabdrücke zu sehen sind. Die Zeichnung zeigt den Kern von *Leda sp.* in natürlicher Grösse.

III. Bryozoa.

Polypora M'Coy.

Polypora sp. Taf. I, Fig. II. Mir steht nur ein kleines Bruchstück von einem Netze zu Gebote, das einer Art dieser Gattung angehört.

IV. Brachiopoda.

A. PLEUROPYGIA.

Crania Retzius.

Crania obsoleta Goldf. Taf. IV, Fig. 8.
Goldfuss. *Petrefacta Germaniae* 1863, Taf. II, p. 283, pl. CLXIII fig. 9 *a*, *b*.
Davidson. Foss. Brachiop. of the devonian age of China. The Quarterly Journal of the Geol. Society of London, 1853, p. 357, pl. XV, fig. 13.
Kayser. Devonische Versteinerungen aus dem südwestlichen China. Richthofen's China, Bd. 4, S. 94, Taf. XI, Fig. 5.

Der Akademie ist ein Exemplar dieser Form zugestellt worden, das auf der äusseren Oberfläche der kleinen Schale einer *Strophalosia productoides* Murch. angewachsen ist.

Die Muschel ist fast rund, die untere Klappe nicht zu sehen, die obere ist zusammengedrückt und hat ihre ursprüngliche Kegelform eingebüsst. Die Oberfläche der oberen Klappe ist glatt. Der Durchmesser der Muschel beträgt 7^{mm}.

B. APYGIA.

Strophalosia King.

Strophalosia productoides Murch. Taf. I Fig. 14.
Ortis productoides Murch. Bull. S. G. v. XI, p. 254 t. 2, pl. 7.
Productus productoides Murch. M. V. K. T. II, p. 243, pl. XVIII, fig. 4.
Strophalosia productoides Murch. Davidson. Br. Dev. Br. p. 97. t. 19, f. 13—21.
Strophalosia productoides Murch. Kayser. Dev. Verst. China, Richthofen. B. 4, p. 93, t. XIII, f. 4.

Strophalosia productoides Murch. wird, wie es scheint, ziemlich selten in den Kalksteinen an der Beja getroffen, da in den vereinigten Sammlungen der Herren Lopatin und Martianow nur 4 Exemplare dieser Art vorhanden sind. An eine derselben finden wir eine *Crania obsoleta* Goldf. angewachsen. Diese Art ist hinlänglich bekannt und bedarf keiner neuen Charakteristik. Es bleibt nur auf die bedeutende Gedrungenheit der grossen Klappen und den kleinen Wuchs der von der Beja kommenden Exemplare hinzuweisen; eines derselben, das Taf. I, Fig. 14 dargestellt ist, gleicht dem Holzschnitte Davidson's und unterscheidet sich von Verneuil's Abbildung, die ein junges, aber grosses Exemplar darstellt.

Streptorhynchus King.

Streptorhynchus crenistria Phill. Taf. III, Fig. 1, 2, 3, 4 und 5.
Spirifer crenistria et arachnoidea Phill. Phillips, Geology of Yorkshire, p. 216 et 220, pl. 9, f. 6 et pl. 11, f. 4.
Orthis crenistria Phill. M. V. K. T. II, p. 195, pl. XI, f. 4.
Streptorhynchus crenistria Phill. Davidson, Brit. Dev. Br. p. 81, pl. XVIII, f. 4—7.

Diese Form ist in der an der Beja hervortretenden devonischen Schicht ziemlich verbreitet, da die vereinigten Sammlungen der Herren Lopatin und Martianow 29 Exemplare von deren Repräsentanten aufzuweisen haben. Die Grösse der Beja-Exemplare ist recht bedeutend, die Form veränderlich und meist unregelmässig wegen der Befestigung der Muschel mit dem Schnabel an bewegliche Gegenstände. Ich kann nichts Wesentliches zur Diagnose dieser Art hinzufügen, und die individuellen Eigenthümlichkeiten sind an den Holzschnitten gezeigt, welche 5 Exemplare in natürlicher Grösse darstellen. An den Schalen einiger Exemplare sitzen Muscheln, *Spirorbis omphalodes* Goldf. und an einer derselben ein lamellarer Polypenstock, *Monticulipora parasitica* Kays. Die ihrer Grösse nach bedeutendste Muschel erreicht folgende Dimensionen: 40^{mm} Höhe, 45^{mm} Länge und 22^{mm} Dicke.

Rhynchonella Fischer.

Rhynchonella Lopatini Stuckenberg, Taf. I, Fig. 5—9. In den vereinigten Sammlungen der Herren Lopatin und Martianow giebt es über hundert Exemplare dieser Form, welche sich von den bereits beschriebenen Arten dieser Gattung ziemlich scharf unterscheiden. Der Umriss der Muschel ist ziemlich regelmässig fünfeckig, etwas in die Breite gezogen. Die Schalen sind meist recht flach, obgleich auch einige gewölbte Exemplare vorkommen, wobei die Gedrungenheit sich an der grossen, wie an der kleinen Klappe, fast in gleichem Grade äussert. Die Oberfläche der grossen Klappe hat einen kaum bemerkbaren Sinus, der an den grossen, stärker gewölbten Exemplaren fast nicht zu sehen ist; auf der kleinen Schale ist eine entsprechende, kaum bemerkbare mittlere Erhabenheit. Der Sinus der grossen Schale ist an dem Schnabel kaum zu unterscheiden und stemmt sich nur gegen den entgegengesetzten Rand; er ist nicht scharf begrenzt. Der Wirbel der grossen Schale ist etwas eingebogen und immer sichtbar durchbohrt. An den Exemplaren, deren Schalen verkieselt sind, ist es gelungen mittels Salzsäure das Schloss mit den Zahnplatten und die kurzen Plättchen der kleinen Schale zu unterscheiden. Jede der Schalen ist, den Sinus mit eingeschlossen, von 24—30 Längsfalten bedeckt, die nie dichotomiren. Diese Falten fangen vom Wirbel an und gehen, allmählich dicker werdend, in kleinen Zwischenräumen von einander, zum entgegengesetzten Rande. Die Falten sind zugeschärft. An den Exemplaren, die einen deutlicher ausgeprägten Sinus haben, kommen 6—8 Falten auf denselben. Diese Form habe ich zu Ehren des Herrn Bergingenieurs J. Lopatin genannt.

Die Dimensionen der Muschel sind folgende:

1. Dicke 8 mm.; Höhe 15 mm.; Breite 15 mm.
2. » 9 mm.; » 15 mm.; » 15 mm.
3. » 6 mm.; » 9 mm.; » 9 mm.
4. » 7 mm.; » 12 mm.; » 12 mm.

Rhynchonella sp. n. Taf. I, Fig. 10.

Danach zu urtheilen, dass mir nur ein einziges, von Herrn Lopatin geliefertes Exemplar zur Verfügung steht, scheint diese Art eine seltene Form zu sein. Der Umriss der Muschel ist dreieckig und im Ganzen ziemlich stark gewölbt; der Schnabel tritt über dem Schlossrande nur wenig vor. Die Oberfläche der Schalen ist von ziemlich dicken, zugeschärften Längsfalten bedeckt, die nicht dichotomiren und sich ununterbrochen von dem Schnabe zum entgegengesetzten Rande hinziehen. Die Zahl der Falten ist auf jeder Schale 17. Die Abbildung stellt die Muschel in natürlicher Grösse dar. Das einzige Exemplar, dass noch ausserdem nicht ganz regelmässig entwickelt ist, schliesst, meiner Meinung nach, die Möglichkeit aus, eine neue Art aufzustellen.

Atrypa Dalm.

Atrypa reticularis Lin. Taf. III. Fig. 9.
» » Lin. Davidson. Brit. Dev. Brach. p. 53, pl. X, f. 3 und 4.
Terebratula reticularis Lin. M. V. K. Geol. of Russ. II, p. 90, pl. X, f. 12.

Diese Form ist in den an der Beja entwickelten Schichten nicht sehr verbreitet, was daraus zu schliessen ist, dass mir nur 12 Exemplare zu Gebote stehen. Diese Form hat hier bedeutende Dimensionen erreicht. Das grösste und vollständigste Exemplar ist auf der Tafel als restaurirt, in natürlicher Grösse dargestellt.

Spirifer Sow.

Spirifer Schmidti Stuckenberg Taf. III, Fig. 10 und 11. Diese Form ist in der an der Beja hervortretenden devonischen Schicht ziemlich verbreitet, da sie in den vereinigten Sammlungen der Herren Martianow und Lopatin durch 24 Exemplare repräsentirt wird. Diese Art habe ich zu Ehren des Herrn Akademikers Schmidt benannt. *Spirifer Schmidti* bietet eine neue, dem *Spirifer Anossofi* Vern. ziemlich nahe Form, die sich jedoch von jener durch einige beständige und wesentliche Merkmale, besonders die Sculptur der Muschel, unterscheidet. Der Umriss der Muschel ist ein ziemlich regelmässiges, rundliches Oval. Der Schlossrand ist kurz. Die Schlossplatte der grossen Schale ist nicht gross, dreieckig; die dreieckige Oeffnung für das Schlossband ziemlich gross, unbedeckt.

Die Schlossplatte der kleinen Schale ist sehr schmal, kaum bemerkbar. Beide Schalen sind fast gleich gewölbt. Der Schnabel der grossen Schale ragt hervor, ist gebogen und viel kleiner als an *Spirifer Anossofi* Vern. und dabei auch viel feiner als bei dieser Art. Er verdeckt weder die Schlossplatte, noch die dreieckige Oeffnung. Die grosse Schale hat einen von dem Schnabel zum entgegengesetzten Rande gehenden, sich allmählich erweiternden, Sinus. Er ist schwach begrenzt und bildet am Ende, am Rande der Muschel einen abgerundeten Vorsprung. Die kleine Schale dagegen hat eine entsprechende mittlere Erhabenheit, die am Schlossrande kaum bemerkbar ist, aber am entgegengesetzten Rande ziemlich scharf, als flacher Kiel hervortritt. In Folge dessen ist die Nathlinie der Muschel eine gebrochene, jedoch nur bei den ausgewachsenen Exemplaren; bei den jungen ist sie fast gerade. Die Schalen sind von nicht dicohtomirenden Längsfalten bedeckt, die auf den Flügeln der Muschel, so wie auch auf dem Sinus und der mittleren Erhabenheit gleich sind. Die sich von dem Schnabel hinziehenden Längsfalten werden zum entgegengesetzten Rande allmählich breiter. Die Umrisse der Rippen sind scharf und nicht flach wie bei *Spirifer Anossofi* Vern., auch sind sie nicht so zahlreich wie an dieser Form; an den Flügeln giebt es deren gegen 15 und an dem Sinus und der mittleren Erhöhung — 7. Die Oberfläche der Muschel ist ausserdem mit ganz feinen Wellenlinien bedeckt, die zu 10 den Falten entlang gehen. Die Anwachslinien der Muschel sind kaum zu unterscheiden. Die Längsfalten hören allmählich auf den Flügelseiten der Schalen auf. Die zwei abgebildeten Exemplare sind in natürlicher Grösse dargestellt. In der Hälfte ihrer Höhe ist die Muschel am breitesten.

Spirifer undiferus Römer.

Taf. II, Fig. 10; Taf. III, Fig. 14; Taf IV, Fig. 14.

Spirifer undiferus F. Römer. Rhein. Uebergangsgeb. p. 72, Taf. 14. Fig. 6.
» » Schnur. Brach. p. 204, Taf. 34, Fig. 3.
» » Davidson. Br. Dev. Brach. p. 36, Taf. 7, Fig. 1—10.

In Herrn Lopatin's Sammlung haben sich nur drei Exemplare dieser Art erwiesen, welche uns die Abbildungen in natürlicher Grösse zeigen. Zu der vorhandenen Charakteristik dieser Art habe ich nichts hinzuzufügen und will nur darauf hinweisen, dass eines der Exemplare der Form nach, dem von Davidson auf Taf. VII, Fig. I abgebildeten vollkommen gleicht und die beiden andern der von Schnur Taf. XXXIV Fig. 3 *c*, *f*, *g*, *h*, dargestellten Form gleich sind. Die Oberfläche der grossen Schale des einen Exemplars ist von einem lamellaren Polypenstock, *Monticulipora parasitica* Kays. bedeckt, und an der kleinen Schale desselben Exemplars sitzen mehrere Schalen von *Spirorbis omphalodes* Goldf.

Spirifer Martianofi Stuckenberg.

Taf. IV, Fig. 9, 10, 11, 12, 13.

Ungeachtet einiger Aehnlichkeit mit den *Sp. carinatus* Schnurr und den *Sp. subcuspidatus* Schnur, haben mich die beständigen und wesentlichen Eigenthümlichkeiten die-

ser Form bewogen, sie für eine selbstständige Art anzuerkennen. Der äussere Umriss der Muschel ist etwas veränderlich und hängt von der grösseren oder geringeren Länge der Flügel ab, im Allgemeinen aber ist die Form desselben eine gestreckte. Die grosse Schale ist gedrungener als die kleine, welche an jungen Exemplaren fast flach ist. Die Länge des Schlossrandes bestimmt jedenfalls die Form der Muschel. Die Schlossplatte der kleinen Schale ist sehr schmal und gestreckt, an der grossen Schale dagegen ist sie gross, dreieckig, sehr hoch und nur wenig ausgebogen. Die dreieckige Oeffnung für das Schlossband ist ziemlich gross und bei ausgewachsenen Exemplaren immer frei; bei jüngeren dagegen durch ein Pseudo-Deltidium geschlossen. Bei jungen Exemplaren liegt die Schlossplatte der grossen Klappe fast unter geradem Winkel zur Fläche, die sich zwischen den beiden Klappen befindet, und nur mit dem Alter biegt sie sich allmählich aus und nimmt eine geneigte Stellung an. Der Schnabel überragt um vieles den Schlossrand und ist etwas eingebogen. Die grosse Schale hat einen scharf begrenzten Sinus der unmittelbar unter dem Schnabel beginnt und zum entgegengesetzten Rande immer breiter wird, er wird von zwei etwas stärker entwickelten Längsfalten begrenzt, die unter einem Winkel von 20° auseinandergehen. Jeder der Externloben der grossen Schale ist von 12—15 Längsfalten bedeckt, die, ohne sich zu spalten, vom Schnabel zum gegenüberliegenden Rande gehen. Der Sinus ist faltenlos. Auf der kleinen Schale bemerkt man immer in der Mitte eine Erhöhung, die einem abgestumpften Kiele gleicht und durch eine mittlere Furche in zwei gleiche Theile gespalten wird. Das ist sogar an den kleinsten Exemplaren bemerkbar, bei denen der Kiel nur flacher ist. Die Furchen, welche die mittlere Erhabenheit begrenzen, gehen ebenfalls unter einem Winkel von ungefähr 20° auseinander. Diese Erhabenheit ist frei von Falten. Die Seitenloben der kleinen Schale sind, ebenso wie an der grossen, von 12—15 Längsfalten bedeckt. In Folge der Entwickelung des Sinus und der mittleren Erhabenheit ist die Nathlinie nicht gerade. Die nicht dichotomirenden Längsfalten sind scharf und erreichen bei ausgewachsenen Exemplaren an ihren Enden 2 mm.; gegen das Ende der Flügel flachen sie sich allmählich ab. Die Zwischenräume zwischen den Falten sind sehr schmal. An den gut conservirten Exemplaren bemerkt man an der grossen und an der kleinen Schale mehr oder weniger deutliche Spuren der Anwachsschichten der Muschel, was den Längsfalten eine schuppenartige Oberfläche giebt. Ueber die Dimensionen der Muscheln kann man nach den Zeichnungen urtheilen, auf denen sie in natürlicher Grösse abgebildet sind. Zu meiner Verfügung hatte ich 36 Exemplare. Diese Art habe ich zu Ehren Herrn Martianow's benannt.

Spirifer Chechiel de Kon.

Taf. I, Fig. 1, 2, 3, 4 und Taf. II, Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Spirifer Chechiel de Kon. Bul. Acad. de Belgique v. XIII, p. 410, pl. 2, f. 1.
Spirifer Chechiel de Kon. Davidson. Fos. Brach. of the devonage of China. The Quart. Journ. of the Geol. Soc. 1853, p. 338, pl. XV, f. 17.

Spirifer Chechiel de Kon. Kayser. Dev. Verstein. aus China in «China» Richthofen B. 4, S. 87, Taf. XI, Fig. 2.

Herr Konninck der diese Art aufgestellt, hatte nur 4 Exemplare unter der Hand; diese waren ihm von Herrn Itié aus China, und namentlich aus der Provinz Jünnan, zugestellt, und Herr Kayser hatte nur 1 Exemplar, welches von Richthofen's Expedition in Schanghai angekauft war. So war denn das Material, das zur Beschreibung der Eigenthümlichkeiten der *Spirifer Chechiel* gedient hat, bei weitem nicht reichhaltig. Dank den Bemühungen der Herren Lopatin und Martianow konnte ich über 85 Exemplare verfügen, unter denen es sehr junge und auch ganz ausgewachsene gab. Mich auf dieses Material stützend kann ich die von Herrn Konninck gegebene Diagnose dieser Art einigermaassen ergänzen und zwei Varietäten constatiren. Im Allgemeinen ist die Form der Muschel etwas veränderlich, abgerundet dreieckig, meist gestreckt. Der Schlossrand gerade gezogen, die grösste Länge der Muschel bestimmend. Der Schnabel etwas eingebogen, klein, sich über dem Schlossrande kaum erhebend. Die Schlossplatte der grossen Klappe ziemlich schmal, etwas ausgebogen; die dreieckige Oeffnung durch ein Pseudodeltidium verdeckt, das an der Basis[1]) einen Ausschnitt hat. Die Schlossplatte der kleinen Klappe ist sehr schmal, sie wird nur bei ausgewachsenen Exemplaren bemerkbar. Beide Klappen sind fast gleich gewölbt, obgleich die relative Dicke der Muscheln wechselt. Die grosse Klappe hat einen sehr breiten flachen Sinus, dem auf der kleinen Klappe in der Mitte eine Erhöhung entspricht, welche einen an einigen Exemplaren ziemlich bemerkbar hervorragenden Kiel bildet, der bald flach, bald scharf ist. Der Sinus zieht sich vom Wirbel und die mittlere Erhöhung vom Schlossrande aus, an dem sie etwas zugespitzt vorragt. An ältern Exemplaren sieht man auf den Flügeln der grossen und der kleinen Klappe 7—8 breite, abgerundete Längsfalten, die, immer breiter werdend, vom Wirbel zum entgegengesetzten Rande gehen. Die Falten werden, je weiter vom Sinus allmählich desto flacher. Zuweilen sind nur 5—6 derselben scharf ausgeprägt, während die andern kaum zu unterscheiden sind. Auf dem Sinus und der mittleren Erhöhung sind keine Falten. Die Oberfläche der Muschel ist ausserdem von feinen Wellenlinien bedeckt, welche die Anwachsschichten bezeichnen; diese werden von einer sehr hübschen Kante begrenzt, die aus einer Reihe feiner parallellaufender Furchen besteht. Diese Sculptur wird jedoch nur an gut conservirten Exemplaren beobachtet, deren Schalen in Folge derselben eine sehr schöne Oberfläche haben. Die zwei Varietäten, deren ich oben erwähnte, werden durch das ungleichmässige, obgleich beständige Verhältniss der Muschellänge zu deren Breite bestimmt. Die gestreckte Varietät könnte man die geflügelte, *var. alata* nennen. Jetzt will ich die Dimensionen einiger Exemplare anführen, die gleichzeitig auch das Verhältniss der Varietäten erläutern können.

---

1) Das Pseudodeltidium ist am Gipfel, unter dem Schnabel zuweilen gewölbt, aber niemals durchbohrt, wie Konninck sagt.

1. Länge 65 mm.; Höhe 35 mm.; Dicke 25 mm.
2. » 80 mm.; » 35 mm.; » 20 mm.
3. » 40 mm.; » 25 mm.; » 16 mm.
4. » 50 mm.; » 25 mm.; » 18 mm.
5. » 30 mm.; » 20 mm.; » 13 mm.
6. » 50 mm.; » 20 mm.; » 12 mm.
7. » 18 mm.; » 10 mm.; » 8 mm.
8. » 20 mm.; » 10 mm.; » 8 mm.

Die Exemplare 1, 3, 5 und 7 können für die normalen anerkannt werden, und 2, 4, 6 und 8 zeigen geflügelte Formen, die ich zu der *var. alata* rechne. An diesen Formen beträgt die Länge mehr als das Doppelte der Höhe. An einigen der Muscheln sitzen Schalen von *Spirorbis omphalodes* Goldf., *Cornulites epithonia* Goldf. und lamellare Polypenstöcke, *Monticulipora parasitica* Kays. Der Unterschied dieser Art von *Spirifer speciosus* ist bereits sowohl von H. Konninck als auch von Prof. Kayser gezeigt worden.

Spirifer Kayseri Stuckenberg.

Taf. III, Fig. 13.

In Herrn Lopatin's Sammlung giebt es nur 2 Exemplare dieser kleinen Form, die ich zu Ehren Herrn Kayser's, des Berliner Professors, benannt habe. Auf den ersten Blick erinnert die Beja-Art an *Spirifer aculeatus* Schnur, doch bei näherer Besichtigung erweist es sich, dass sie sich von derselben durch eine grössere Anzahl Falten, durch flachere Schalen und einen kürzeren Schlossrand unterscheidet. Im Allgemeinen ist die Form dreieckig mit abgestumpften Flügeln und abgerundetem Mantelrand. Der spitze, etwas eingebogene Wirbel tritt am Schlossrande vor. Die grosse Klappe ist gewölbt, die kleine fast flach. Der Schlossrand ist gerade, bestimmt die Länge der Muschel. Die Schlossplatte der grossen Klappe ist nicht gross, dreieckig; die der kleinen kaum zu sehen. Die dreieckige Oeffnung für das Schlossband liegt frei und ist, verhältnissmässig zur Grösse der Schlossplatte, ziemlich gross. Auf der grossen Klappe beobachtet man einen ziemlich tiefen Sinus; er ist glatt und geht vom Wirbel, sich allmählich erweiternd, zum entgegengesetzten Rande. Auf der Mitte der kleinen Klappe entspricht dem Sinus eine Erhöhung, die übrigens ziemlich flach ist. Auf der grossen, so wie auf der kleinen Klappe, bemerkt man 5 ziemlich breite, hohe Falten, die am Wirbel der grossen Klappe und am Schlossrande der kleinen nur undeutlich zu sehen sind, jedoch allmählich, zum Mantelrande hin stärker werden. Gegen das Ende der Flügel werden die Falten kleiner. Die Oberfläche der Muschel ist von feinen Wellenlinien bedeckt, welche die Anwachsschichten bezeichnen.

Dimensionen der Muscheln:

1. Länge 11 mm.; Höhe 8 mm.; Dicke 6 mm.
2. » — mm.; » 8 mm.; » 6 mm.

Nucleospira Hall.

Nucleospira Tokwanensis Kayser Taf. III, Fig. 12.
Nucleospira Tokwanensis Kayser. Devonische Versteinerungen aus dem südw. China. Richthofen's China, B. IV, S. 84, Taf. X, Fig. 2.

Im Allgemeinen ist die Form der Muschel ziemlich gewölbt, abgerundet fünfeckig, etwas in die Länge gestreckt; die Flügel ein wenig abgerundet. Im Ganzen erinnert diese Form an *Spirifer urii*. Die Schlossplatte der grossen Schale ist nicht gross, dreieckig; an der kleinen Schale ist sie klein, gestreckt, kaum bemerkbar. Die dreieckige Oeffnung für das Schlitzband ist unbedeckt. Der Schnabel ist zugespitzt und etwas eingebogen; an dem Schlossrande tritt er ziemlich stark vor. Die Schalen sind glatt, mit kaum zu unterscheidenden Anwachslinien. Die Muschel hat eine punktirte Sculptur, was an einem der Exemplare ausgezeichnet zu sehen ist. Andere Eigenthümlichkeiten der Sculptur-Tuberkeln, von denen Prof. Kayser spricht — habe ich nicht bemerkt. Auf der Oberfläche der grossen Klappe sieht man einen schwach angedeuteten, sehr flachen Sinus. Den innern Bau konnte ich nicht beobachten.

Dimensionen:

1. Länge 20 mm.; Höhe 17 mm.; Dicke 13 mm.
2. » 16 mm.; » 18 mm.; » 19 mm.

In den Sammlungen der Herren Lopatin und Martianow waren 3 Exemplare dieser Form.

Athyris M'Coy.

Athyris concentrica v. Buch., Taf. IV, Fig. 1, 2, 3, 4, 5.
Terebratula concentrica v. Buch. Ueber Terebrateln. p. 103.
» » » M. V. K. B. II, p. 53, pl. VIII, f. 10.
Athyris concentrica Buch. Davidson Br. Dev. Brach. p.

Diese Form, die in den Schichten des devonischen Systems allgemein verbreitet ist, findet sich auch in dem an der Beja hervortretenden Lager ziemlich entwickelt. In den vereinigten Sammlungen der Herren Lopatin und Martianow giebt es einige Hunderte von Exemplaren dieser Art. Die individuellen Eigenthümlichkeiten dieser Muscheln sind äusserst veränderlich: bald sehen wir sie gewölbt, bald flach; einige gestreckt, andere abgerundet. Der Sinus und die mittlere Erhabenheit auf der grossen und der kleinen Schale sind auch nicht gleich ausgedrückt. Die meisten Schalen sind verkieselt, wodurch es gelungen ist an einem der Exemplare die Armvorrichtung zu unterscheiden.

V. Vermes.

Cornulites Schloth.

Cornulites epithonia Goldf. Taf. I, Fig. 13.
Serpula epithonia Goldf. Petr. Germ. p. 210, Taf. 67, Fig. 1, 1862.
Cornulites epithonia Goldf.? Davidson Quart. Journ. Geol. Soc. v. IX, p. 358, f. 15.
Serpula devonica Pacht, Geol. Forsch. in den Gouv. Woronesh, Tambow, Pensa und Simbirsk. Verhandl. der Geogr. Gesellsch. B. XI, S. 101, Taf. IV, Fig. 5.
Cornulites epithonia Goldf. Kayser, Dev. Verst. aus dem südw. China. S. 95, Taf. XI, Fig. 5.

Die kegelförmige Röhre dieser Form war, wie es sich erwiesen hat, an eine Schale des *Spirifer Chechiel* de Kon. angewachsen.

Spirorbis omphalodes Goldf. Taf. I, Fig. 12.
Serpula omphalodes Goldf. Petr. Germ. p. 210, Taf. 67, Fig. 3.
» » » M. V. K. B. II, p. 26.
Spirorbis omphalodes Goldf. Davidson. Quart. Journ. Geolog. Soc. v. IX, p. 357, f. 15, f. 14.
Spirorbis omphalodes Goldf. Kays. Dev. Verst. aus dem südw. China. S. 95, Taf. XI, Fig. 2—5.

Diese Form findet man häufig auf den Schalen fast aller in den devonischen Schichten an der Beja vorkommenden Brachiopodenarten angewachsen.

VI. Anthozoa.

A. ALCYONARIA.

Aulopora Goldf.

Aulopora cf. tubaeformis Goldf. Taf. II, Fig. 9.
Aulopora tubaeformis Goldf. Petr. Germ. p. 78, Taf. 29 Fig. 1, 1862.
» » M. Edw. et Haime. Pol. fos. ter. pal. p. 313.
» » Davidson, Quart. Journ. Geol. Soc. v. IX, p. 75, f. 16.
» » Kayser. Dev. Verst. aus dem südw. China. S. 96, Taf. IX, Fig. 4.

In Herrn Lopatin's Sammlung hat sich eine Schaale von *Athyris concentrica* Buch und ein Bruchstück von einem Cylinder-Polypenstock, *Monticulipora fibrosa* Goldf., mit darauf sitzenden Polypenstöcken dieser Form gefunden.

Aulopora repens Knorr. Taf. II, Fig. 8.
Aulopora repens M. Edw. et Haime. Pol. fos. ter. pal. p. 319.
» » Kayser. Dev. Verst. aus dem südw. China. S. 96, T. IX, Fig. 2.

Kleine, netzartige Polypenstöcke dieser Form trifft man auf den Schalen fast aller an der Beja vorkommenden Brachiopoden.

B. ZOONTHARIA.

Monticulipora d'Orb.

Monticulipora fibrosa Goldf. Taf. II, Fig. 14, 15 und 16.
Favosites (*Calamopora*) *fibrosa* Goldf. Petr. Germ. p. 77, Taf. 28, Fig. 3—4. 1862.
» » » M. Edw. et Haime. Brach. fos. Corals, p. 261, pl. XI, f. 5, 5 *a*.

Cylinderförmige oder ästige Polypen, zuweilen mit Loben, aber nur selten kugelartig oder unregelmässig nierenförmig. Der grösste Durchmesser der cylinderförmigen Polypenstöcke ist 30 mm. Die einzelnen Zellen zeigen sich uns bei verticalen Durchschnitten als feine Fäden; bei horizontalen Durchschnitten, so wie auf der Oberfläche der Polypenstöcke sind die Oeffnungen der Zellen als kaum bemerkbare Punkte zu sehen. Die länglichen, cylinderförmigen Zellen sind fünf- und sechseckig; sie sind der ganzen Länge nach unmittelbar durch Wände verbunden, die aber nicht wie bei der Gattung *Chaetetes* in einander verfliessen. Sie haben keine Poren, weshalb diese Form zu der Gattung *Monticulipora* und nicht zu der Gattung *Favosites* (*Calamopora*) gerechnet werden muss. Mit Hülfe der Loupe können an der Oberfläche kleinere und grössere Oeffnungen der Zellen unterschieden werden. Bei verticalen Durchschnitten erweisen sich die Zellen, stark vergrössert, nicht alle gleich; an den einen, den kleineren, zeigen sich die Böden sehr nah aneinander gerückt, an den grösseren auseinander geschoben. Bei der Untersuchung der Oberfläche der Polypenstöcke mit einer Loupe hat es sich erwiesen, dass auf 1 mm. 6—8 Zellen kommen. An einigen wenigen Exemplaren bemerkt man an der Oberfläche noch kleine, rundliche Vertiefungen. Bei starker Vergrösserung untersucht, hat es sich gezeigt, dass es cylinderförmige Gänge sind, die mit einer Steinmasse angefüllt sind. Es ist zu vermuthen, dass diese Gänge von irgend einem Parasiten gebahnt worden sind. Für diese Form habe ich den von Goldfuss gegebenen Artnamen beibehalten, da die äusseren Merkmale derselben der Diagnose, die er einer der Formen dieser Gattung, *Favosites* (*Calamopora*), giebt, vollkommen entsprechen; doch ist der Bau des Polypenstockes nicht untersucht worden. Eine eingehendere Erforschung des Baues der Polypenstöcke von *Favosites fibrosa* Goldf. wird wahrscheinlich die Zugehörigkeit derselben zu der Gattung *Monticulipora* d'Orb. bestätigen.

Polypenstöcke von *Monticulipora fibrosa* Goldf. kommen in den devonischen Schichten an der Beja häufig vor und bilden dort, nach den von Herrn Martianow gelieferten Kalksteinproben zu urtheilen, kleine Riffe.

Monticulipora parasitica Kayser. Taf. II, Fig. 17.
Chaetetes parasiticus Kayser. Dev. Verst. aus dem südw. China. S. 95, Taf. XI, Fig. 5.

Diese Form bildet lamellare Polypenstöcke, welche die Muscheln der Brachiopoden bedecken. In der Sammlung der Herren Lopatin und Martianow giebt es ziemlich viele solcher Polypenstöcke, die auf den Schalen der *Athyris concentrica* Buch, *Streptorhynchus*

crenistria Phill., *Spirifer Chechiel* de Kon., *Rhynchonella Lopatini* Stuckenberg und *Atrypa reticularis* L. angewachsen sind. Die Dicke der Polypenstöcke geht nicht über 1 mm. Die einzelnen kurzen abgerundeten oder unregelmässig polygonalen Zellen sind sehr klein; auf 1 mm. kommen deren 4 [1]). Die Wände der Zellen fliessen nicht in einander, wie bei der Gattung *Chaetetes*, sondern sind getrennt, wie bei der Gattung *Monticulipora*. Die Deckel liegen undicht. Die Poren sind nicht zu sehen. Untersuchungen bei sehr starker Vergrösserung zeigen, dass an den Stellen, wo sich mehrere Zellen begegnen, je eine oder auch mehrere kleine Zellen sitzen, was bereits auch von Prof. Kayser beobachtet worden ist.

VII. Echynodermata.

CRINOIDEA.

Cyathocrinus Mill.

Cyathocrinus sp. Taf. II, Fig. 12 und 13.

In Herrn Lopatin's Sammlung habe ich einige Bruchstücke von Crinoidenstielen gefunden, die ich zu dieser Gattung rechne.

Oben sind folgende Formen angeführt:

1 *Phacops sp.*
2 *Murchisonia sp.*
3 *Pterinea Minussinensis* Stuckenberg.
4 *Leda sp.*
5*** *Crania obsoleta* Goldf.
6*** *Strophalosia productoides* Murch.
7*** *Streptorhynchus crenistria* Phill.
8*** *Atrypa reticularis* Lin.
9* *Rhynchonella sp. nov.*
10* *Rhynchonella Lopatini* Stuckenberg.
11* *Spirifer Martianofi* Stuckenberg.
12* *Spirifer Kayseri* Stuckenberg.
13* *Spirifer Schmidti* Stuckenberg.
14** *Spirifer Chechiel* de Kon.
15*** *Spirifer undiferus* Römer.
16*** *Athyris concentrica* Buch.

1) Prof. Kayser sagt, dass die Zellen max. $^1/_2$ mm. im Durchmesser erreichen.

17** *Nucleospira Tokwanensis* Kayser.
18 *Polypora sp.*
19*** *Spirorbis omphalodes* Goldf.
20*** *Cornulites epithonia* Goldf.
21*** *Aulopora tubaeformis* Goldf.
22*** *Aulopora repens* Knorr.
23*** *Monticulipora fibrosa* Goldf.
24*** *Monticulipora parasitica* Kayser.
25 *Cyathocrinus sp.*

Unter diesen 25 Formen sind 6 neue Formen, die mit dem Zeichen * bezeichnet sind, 3 ausschliesslich asiatische Formen mit **, 11 cosmopolitische devonische mit *** bezeichnete und 5 unbestimmte. Dass die Schichten, welche diese Fauna enthalten, zur devonischen Formation gehören, unterliegt freilich keinem Zweifel, doch glaube ich, dass es noch nicht an der Zeit ist, das weitere Parallelisiren derselben mit den devonischen Schichten Europa's zu unternehmen.

II.

DEVONISCHE SCHICHTEN AN DEM FLUSSE SEJA.

Der Herr Akademiker Schmidt war so freundlich, mir 3 Stück dunkelbraunen feinkörnigen Sandstein zu überlassen, auf denen Abdrücke von Brachiopoden und Crinoiden-Säulengliedern sind. Dieses Material ist in die Akademie der Wissenschaften durch den Herrn Berg-Ingenieur Lopatin geliefert, der es wiederum von den Herren Doenin und Baskin erhalten hat; diese drei Stück Sandstein haben sie im J. 1874 von einem Felsen abgeschlagen, der an einem Nebenflusse der Seja, dem Denn, hervorragt.

Auf dem einen der Stücke sieht man den Abdruck der kleinen Klappe einer *Atrypa reticularis* Lin.; auf dem zweiten Säulenglieder-Abdrücke eines *Cynthocrinus pinnatus* Goldf., und auf dem dritten noch ausserdem den Abdruck der innern Fläche einer kleinen Klappe von *Streptorhynchus crenistria* Phill. Diese organischen Reste können als Beweis für die Entwickelung des devonischen Systems im Bassin der Seja dienen.

Das Stückchen Stiel des *Cyathocrinus pinnatus* Goldf. ist nach einem Abdrucke Taf. II, Fig. 11 *a* und *b* abgebildet. Es ist der Zeichnung bei Goldf. vollkommen ähnlich.

III.

DEVONISCHE SCHICHTEN AN DER KALINDA EINEM NEBENFLUSSE DES GASIMUR IM BEZIRK NERTSCHINSK.

Dank der Freundlichkeit des Herrn Akademikers Schmidt habe ich einige Stück Quarz-Sandstein von dunkelbrauner Farbe bekommen, welche Schalenabdrücke und Kerne von Brachiopoden enthalten. Dieses Material ist schon im J. 1859 aus Sibirien gebracht. Herr Akademiker Schmidt fand diese Fossilien im Sandstein, der an der Kalinda, einem Nebenflusse des Gasimur bei dem Gasimur'schen Bergwerke, bloss liegt, und erkannte sie schon damals für Vertreter der devonischen Formation[1]). Das ist freilich nur ein Versehen, wenn Herr Schmidt den am Gasimur'schen Bergwerke entwickelten Sandstein für Kalkstein angesehen hat. Das von Herrn F. Schmidt am Gasimur'schen Bergwerke gesammelte paläontologische Material ist bis jetzt unbearbeitet geblieben. Mir ist es gelungen daraus folgende Formen zu bestimmen:

Streptorhynchus crenistria Phill. (nach Steinkernen und Abdruck definirt)
Atrypa reticularis Lin. (nach Abdrücken definirt)
Spirifer cf. Martianofi Stuckenberg (nach Kernen und Abdrücken definirt)
Athyris concentrica v. Buch (nach Kernen definirt)
Rhynchonella sp. (Abdrücke und Kerne).

Das gleichzeitige Vorhandensein dieser Formen bestätigt vollkommen Herrn Schmidt's Ansicht, dass der am Gasimur'schen Bergwerke entwickelte Sandstein zur devonischen Formation gehört. Die Umgegenden des Gasimur'schen Bergwerkes sind in geologischer Hinsicht schon öfters untersucht worden[2]), aber in den Abhandlungen, die sich auf diesen Gegenstand beziehen, giebt es gar keine paläontologischen Angaben, die zur relativen Altersbestimmung der in dieser Gegend entwickelten Gebirgsarten dienen könnten.

1) Fr. Schmidt's, Glehn's und Brylkin's Reisen im Gebiete des Amurlandes etc. Beiträge zur Kenntn. d. Russ. Reiches. B. 25, S. 11 und 17. Journal der Sibirischen Expedition. B. I, S. 62. 1866.

2) Melechin. Geolog. Beschr. der längs dem Gasimur laufenden Berge. Berg-Journ. für d. J. 1829, B. 4, S. 325. russ.
Filew. Beschreib. der Ufer des Gasimur. Berg-Journ. für d. J. 1836, B. 3, S. 264. russ.
Dubrowski. Geol. Beschr. des Gasimur-Thales u. a. Berg-Journ. 1843, B. 2, S. 53. russ.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Tafel I.

1. *Spirifer Chechiel* de Kon. *v. alata.* Ein langgezogenes, ausgewachsenes Exemplar; 16 Falten der Länge nach.
2. *Spirifer Chechiel* de Kon. *v. alata.* 14 Längsfalten.
3. *Spirifer Chechiel* de Kon. *v. alata.* 16 Längsfalten.
4. *Spirifer Chechiel* de Kon. Die etwas vergrösserte Oberfläche zweier Muscheln, um die Sculptur zu zeigen.
5. *Rhynchonella Lopatini* Stuckenberg. Ein Exemplar auf dessen Oberfläche 30 Längsfalten sind.
6. *Rhynchonella Lopatini* Stuckenberg. Ein Exemplar mit 24 Längsfalten.
7. *Rhynchonella Lopat.* Stuck. Ein etwas gedrungenes Exemplar.
8. *Rhynchonella Lopat.* Stuck. Ein junges Exemplar.
9. *Rhynchonella Lopat.* Stuck. Die grosse Schale ist fast gänzlich abgebröckelt; Zahnplatten und Armleisten sind zu sehen.
10. *Rhynchonella sp. n.*
11. *Polypora sp.*
12. *Spirorbis omphalodes* Goldf.
13. *Cornulites epithonia* Goldf.
14. *Strophalosia productoides* Murch. Ein ausgewachsenes und sehr gedrungenes Exemplar.
15. *Pterinea Minussinensis* Stuckenberg.
16. *Pterinea Minussinensis* Stuckenberg.

Tafel II.

1. *Spirifer Chechiel* de Kon.
2. *Spirifer Chechiel* de Kon.
3. *Spirifer Chechiel* de Kon.
4. *Spirifer Chechiel* de Kon.
5. *Spirifer Chechiel* de Kon. Ein junges Exemplar.
6. *Spirifer Chechiel* de Kon. Ein junges Exemplar.
7. *Spirifer Chechiel* de Kon. Ein junges Exemplar.
8. *Aulopora repens* Knorr.
9. *Aulopora cf. tubaeformis* Goldf. auf *Monticulipora fibrosa* Goldf.
10. *Spirifer undiferus* Römer.

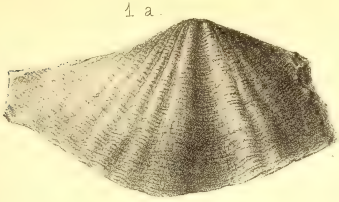
11. *Cyathocrinus pinnatus* Goldf. Die Zeichnung ist nach einem Abdruck gemacht.
12. *Cyathocrinus sp.*
13. *Cyathocrinus sp.*
14. *Monticulipora fibrosa* Goldf. Ein cylinderförmiger Polypenstock.
15. *Monticulipora fibrosa* Goldf. Ein astiger Polypenstock.
16. *Monticulipora fibrosa* Goldf. Polypenstock mit Loben.
17. *Monticulipora parasitica* Kayser. Ein auf der Muschel *Spir. Chechiel* de Kon. angewachsener Polypenstock.

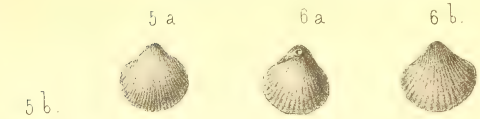
Tafel III.

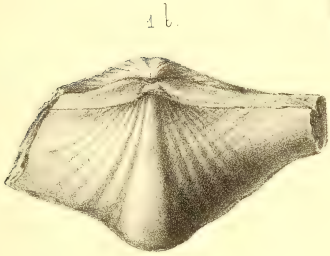
1. *Streptorhynchus crenistria* Phill.
2. *Streptorhynchus crenistria* Phill.
3. *Streptorhynchus crenistria* Phill.
4. *Streptorhynchus crenistria* Phill.
5. *Streptorhynchus crenistria* Phill.
6. *Murchisonia sp.* Ein Steinkern.
7. *Murchisonia sp.* Ein Steinkern.
8. *Leda sp.* Ein Steinkern.
9. *Atrypa reticularis* Lin. Ein restaurirtes Exemplar.
10. *Spirifer Schmidti* Stuckenberg. Ein erwachsenes Exemplar.
11. *Spirifer Schmidti* Stuckenberg. Ein junges Exemplar.
12. *Nucleospira Tokwanensis* Kayser.
13. *Spirifer Kayseri* Stuckenberg.
14. *Spirifer undiferus* Römer.

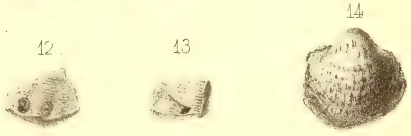
Tafel IV.

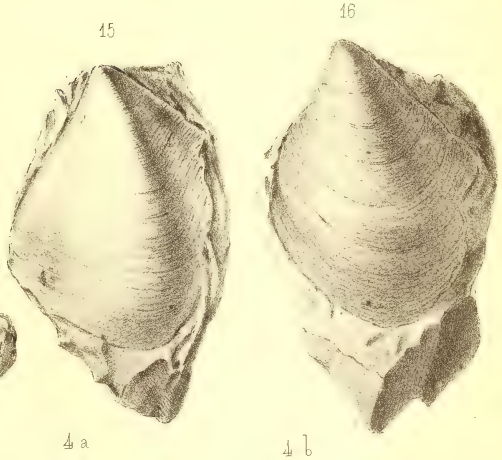
1. *Athyris concentrica* v. Buch. Ausgewachsenes Exemplar.
2. *Athyris concentrica* v. Buch. Gedrungenes Exemplar.
3. *Athyris concentrica* v. Buch. Junges Exemplar.
4. *Athyris concentrica* v. Buch. Geflügeltes Exemplar.
5. *Athyris concentrica* v. Buch. Die Spirale ist zu sehen.
6. *Phacops sp.* Schwanzschild.
7. *Phacops sp.* Schwanzschild.
8. *Crania obsoleta* Goldfuss. Auf der kleinen Klappe der *Strophalosia productoides* Murch.
9. *Spirifer Martianofi* Stuckenberg. Ein ausgewachsenes Exemplar.
10. *Spirifer Martianofi* Stuckenberg. Ein junges Exemplar.
11. *Spirifer Martianofi* Stuckenberg. Ein junges Exemplar.
12. *Spirifer Martianofi* Stuckenb. Ein junges Exemplar.
13. *Spirifer Martianofi* Stuckenberg. Ein ausgewachsenes Exemplar.
14. *Spirifer undiferus* Römer.

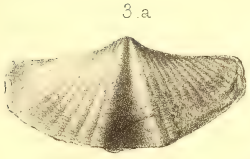


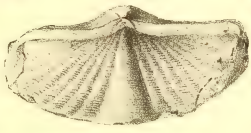


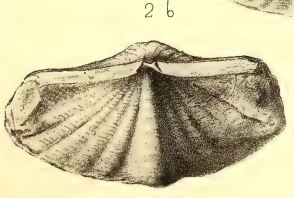


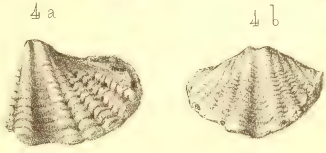




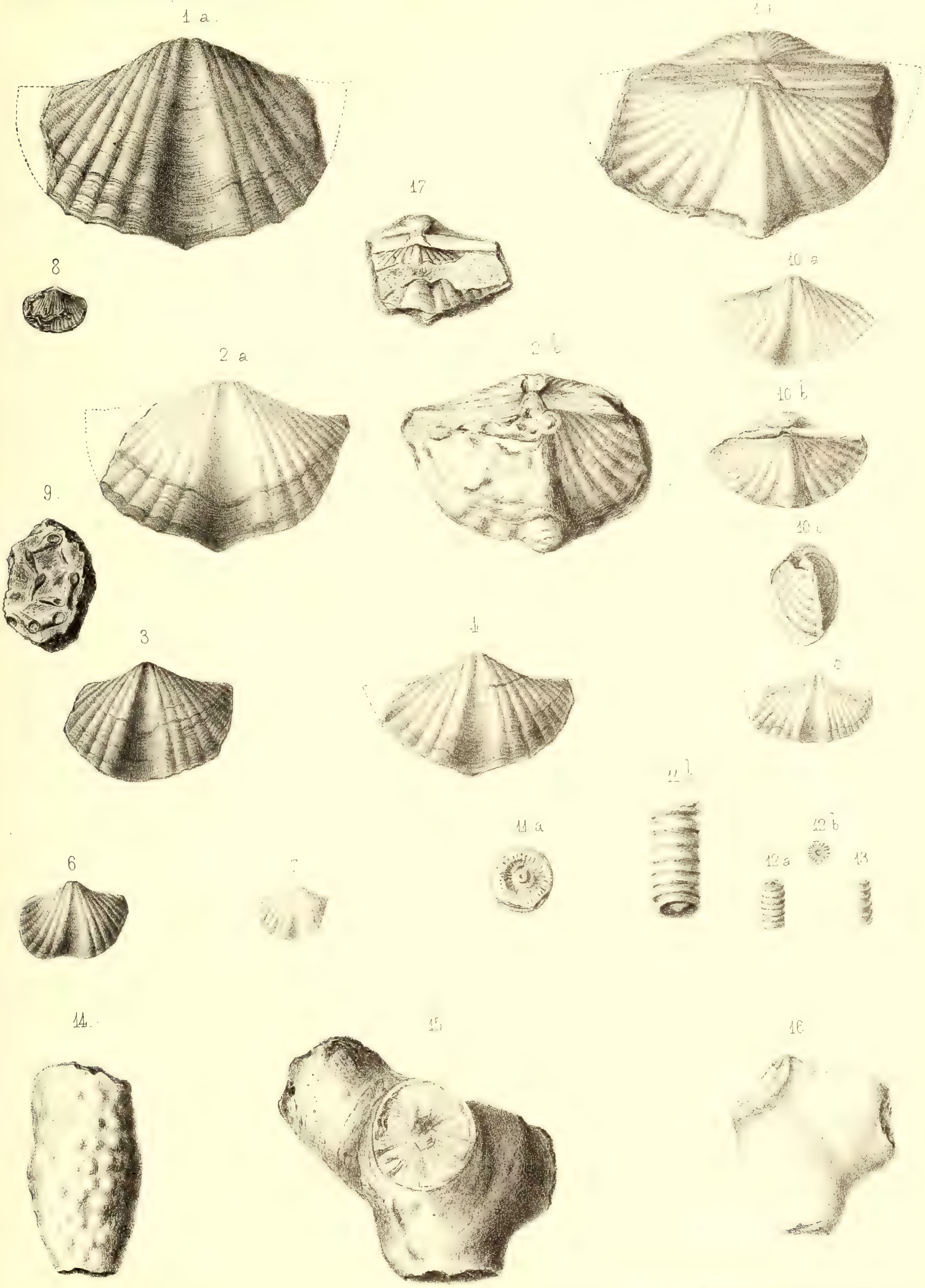




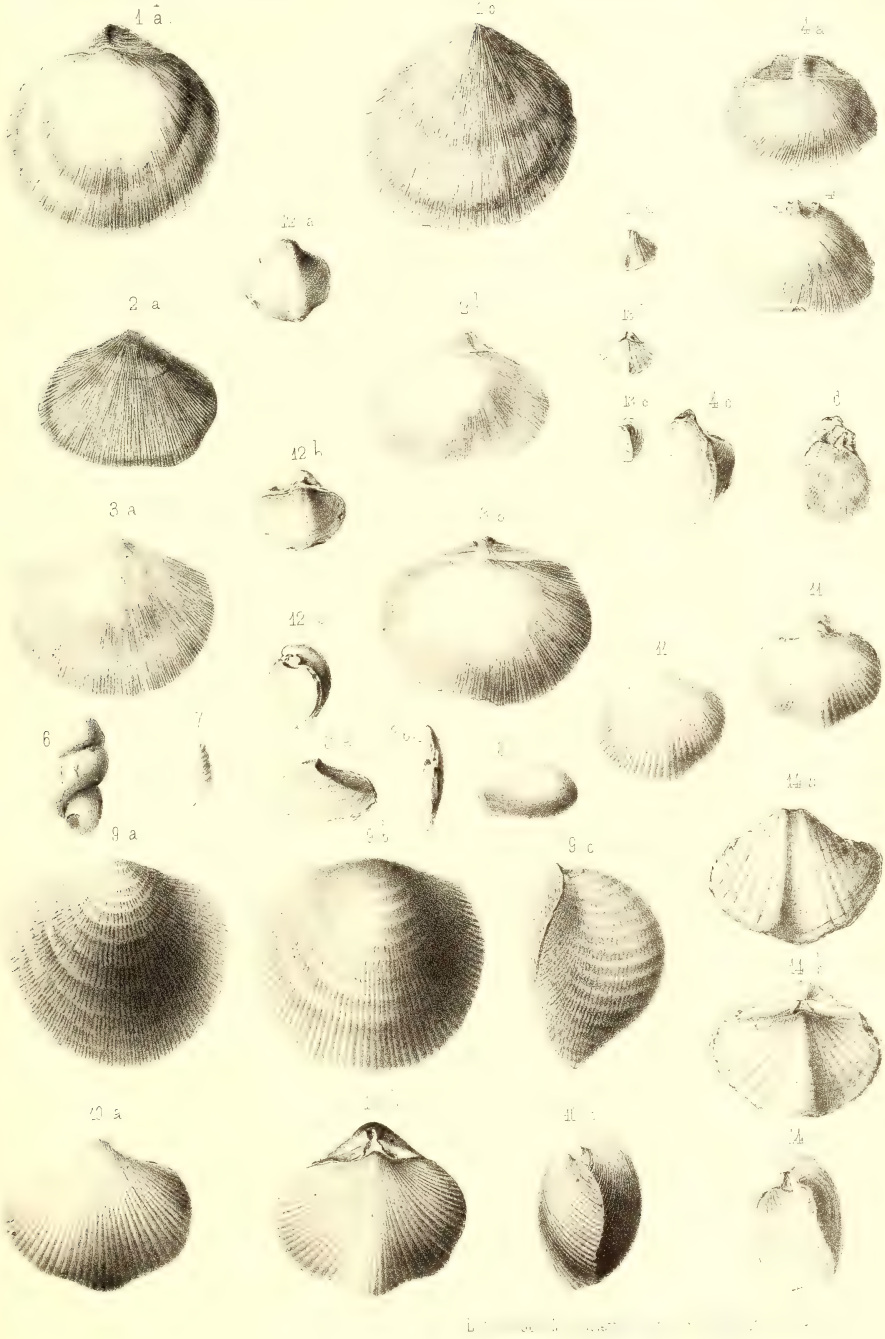


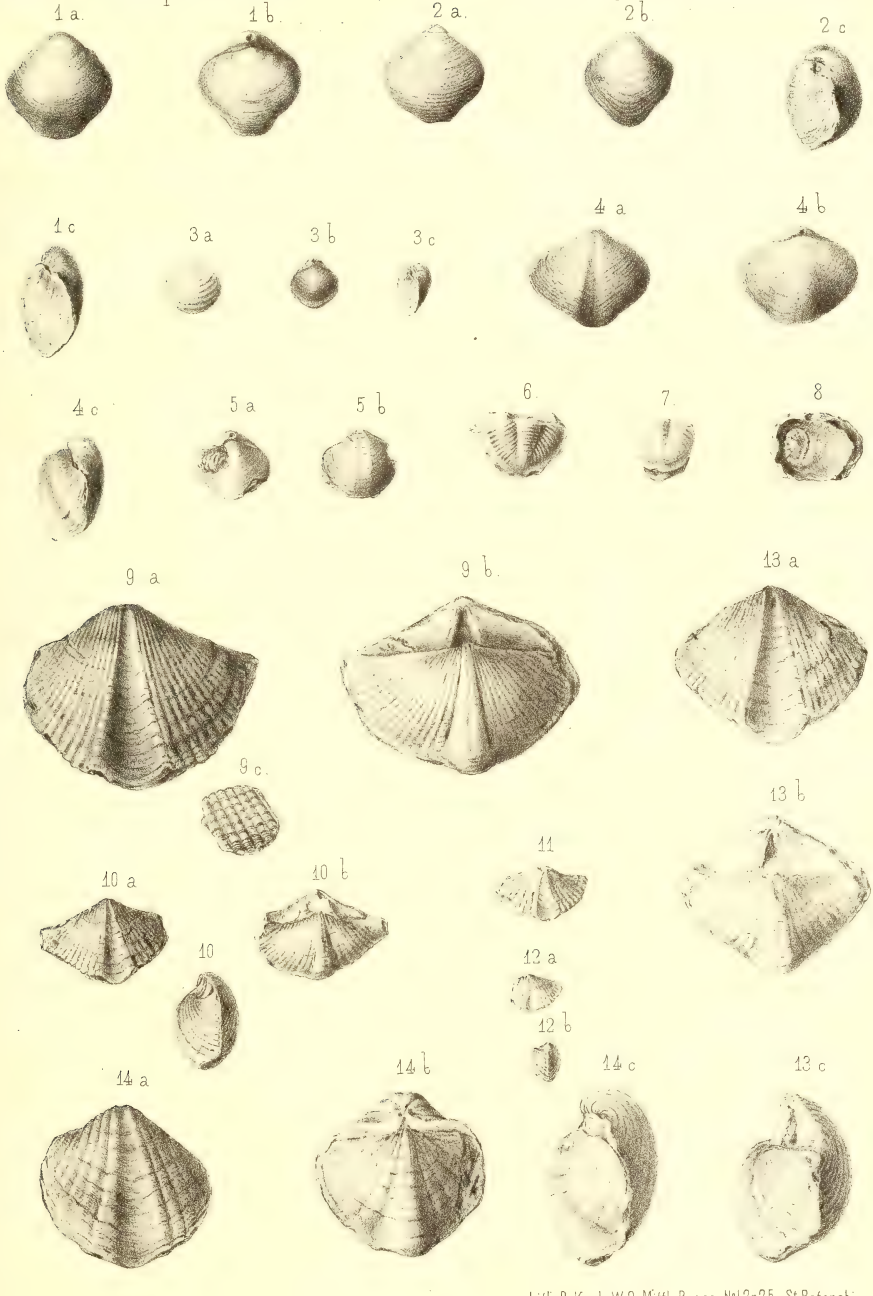


Lith. P. Koch. Mittl. Prosp. Kadettenl. W. O. №12:25. St. Petersburg.


1 a.
17
8
10 a
2 a
2 b
10 b
9
3
4
11 b
11 a
12 b
12 a
13
6
14.
15
16

Stuckenberg Lith. Sitzmann Tr.





Lith. R. Koch. W. O. Mittl. Prosp. №12-25. St. Petersb.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 2.

UNTERSUCHUNG
DER REPSOLD'SCHEN THEILUNG
DES PULKOWAER VERTICALKREISES

NEBST

AUSEINANDERSETZUNG DER ANGEWANDTEN UNTERSUCHUNGSMETHODE.

VON

Magnus Nyrén.

(*Lu le 29 octobre 1885.*)

7 118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment. (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mrk.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 2.

UNTERSUCHUNG
DER REPSOLD'SCHEN THEILUNG
DES PULKOWAER VERTICALKREISES

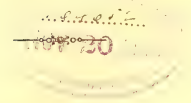
NEBST

AUSEINANDERSETZUNG DER ANGEWANDTEN UNTERSUCHUNGSMETHODE.

VON

Magnus Nyrén.

(*Lu le 29 octobre 1885.*)



ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment. (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mrk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mars, 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Da meine Beobachtungen für den Pulkowaer Fundamentalcatalog für 1885 so weit fortgeschritten sind, dass eine Pause in dieser Arbeit von ein paar Monaten keine Dissymmetrie der Beobachtungen in Bezug auf die Epoche des Catalogs befürchten liess, habe ich die Sommermonate dieses Jahres fast ausschliesslich der Untersuchung der systematischen Fehler der neuen — Repsold'schen — Theilung des Kreises gewidmet. Es sind die Resultate dieser Untersuchung ebenso wie die dabei befolgte Anordnung der Messungen, die ich mir erlaube hier mitzutheilen.

Da es bei Anbringung der neuen Theilung höchst erwünscht sein musste auch die alte, mittelst welcher schon so ausgedehnte Beobachtungsreihen angestellt sind, in ihrem früheren Zustand vollständig intact zu belassen, so sind von den Herren Repsold die neuen Striche auf demselben silbernen Limbus mit den alten, aber ausserhalb der Begrenzungslinie dieser, eingetragen, und zwar so, dass man, wenn man will, bei unveränderter Stellung der Mikroskope ohne Schwierigkeit beide Theilungen ablesen kann. Durch diesen Umstand wird nun der bedeutende Vortheil gewonnen, dass man in einzelnen wichtigeren Fällen die Striche der alten und der neuen Theilung unmittelbar auf einander beziehen kann.

In Zusammenhang mit der Neutheilung des Kreises ist auch seine Stellung gegen die horizontale Umdrehungsaxe etwas verändert. In Folge einer nicht unbedeutenden Unvollkommenheit in dieser Stellung war es nämlich früher schwierig die Mikroskope in allen Lagen des Instrumentes scharf abzulesen. Durch geeignetes Abschleifen der centralen Anliegefläche des Kreises ist es jetzt bedeutend besser geworden. Gleichzeitig wurden auch die Zapfen der genannten Axe, die durch den langjährigen Gebrauch bedeutende Unebenheiten bekommen hatten, in ganz vorzüglichen Stand gesetzt.

So weit mir bekannt, sind die Untersuchungen der systematischen Theilungsfehler der Kreise bis jetzt immer in der Weise ausgeführt, dass der ganze Kreis (bisweilen auch ein Multipel davon) in gleich grosse Bogen zerlegt und der mittlere Winkelwerth je zweier um 180° entfernter Paare solcher Bogen durch Vergleichung mit dem ganzen Kreis bestimmt wurde. Die Kardinalpunkte, für welche die Correctionen in solcher Weise ermittelt

waren, liegen in der Regel um 5°, 10°, 15°, bisweilen auch in andern Entfernungen von einander und sind alle zu ihrem Winkelabstand von dem Ausgangspunkt gleich genau bekannt. Erachtete man es dann noch für nöthig, die Fehler einiger dazwischen liegenden Punkte, z. B. für jeden Grad, kennen zu lernen, so wurden die Entfernungen dieser von den schon bestimmten Kardinalpunkten gemessen und in der Weise die Correction jedes bestimmten Striches in Bezug auf den allgemeinen Ausgangspunkt bekannt.

Es ist nicht zu leugnen, dass sich gegen diese Methode die Theilungsfehler zu bestimmen verschiedene Einwendungen machen lassen. Erstens ist eine bedeutende Anhäufung der Messungsfehler bei jenen Correctionen zu befürchten, die erst durch vielfache Uebertragungen auf die Kardinalpunkte bezogen wurden. Wenn nun auch durch sinnreiche Anordnung der Messungen wie z. B. von Kaiser bei der Untersuchung des Leydener Kreises, diese Anhäufung vermindert wird, so bleibt doch, wenn man die Untersuchungen bis auf nahe an einander liegende Punkte des Kreises ausdehnen will, ein immerhin unerwünscht grosser Theil davon nach. Um grössere systematische Unsicherheiten in den durch die secundären Messungen gefundenen Correctionen zu vermeiden, müssen dann noch die Kardinalpunkte mit bedeutend grösserer Schärfe als die dazwischen liegenden Punkte untersucht werden. Es entsteht damit eine recht bedeutende Ungleichheit in unserer Kenntniss der verschiedenen Correctionen. Durch grösseren Aufwand an Arbeit wird nun freilich dieser Uebelstand sich weniger fühlbar machen lassen.

Schwerwiegender scheint mir aber der Umstand zu sein, dass die so bestimmte Lage der Kardinalpunkte, trotz ihrer scheinbaren Sicherheit, dennoch mit verhältnissmässig beträchtlichen Fehlern behaftet sein kann, die dann zu ihrem vollen Betrag in die Correctionen sämmtlicher darauf bezogener Striche hineingehen. Dass solche Fehler vorkommen können, davon kann man sich nämlich überzeugen durch einen Blick auf die Gleichungen, die den Einfluss der dabei in Betracht kommenden Fehlerquellen darstellen.

Da wir nun durch unsere bisherige Erfahrung zu der Hoffnung berechtigt sind, mit Hülfe der neuen Theilung des Kreises fundamentale Declinationsbestimmungen mit noch geringeren zufälligen Fehlern als früher herzustellen, so habe ich gemeint bei der Untersuchung der systematischen Fehler dieser Theilung keine Vorsichtsmaassregel ausser Acht lassen zu sollen, wodurch die Wirkung der erwähnten Uebelstände vermindert würde, selbst wenn diese Vorsicht einen bedeutenden Mehraufwand an Arbeit mit sich bringen sollte. Ich habe deshalb bei dieser Untersuchung eine andere Methode als die gewöhnliche gewählt. Ueber die Vorzüge und Nachtheile derselben wird man sich nach folgender Erläuterung leicht überzeugen können.

Nach dem hier Gesagten musste mein aufgestelltes Ziel sein: Für jeden zu seiner Lage bestimmten Durchmesser des Kreises eine selbstständige, von andern Bestimmungen unabhängige Correction zu finden. Da ich eine solche Bestimmung für jeden Grad haben wollte, so handelte es sich also darum 179 verschiedene Durchmesser auf den Ausgangsdurchmesser zu beziehen. Als solche Ausgangspunkte wurden zwei um 90° von einander entfernte

Durchmesser genommen, deren gegenseitige Beziehung erst nachträglich ermittelt wurde. Die Winkelabstände der einzelnen untersuchten Durchmesser von diesen beiden Kardinalrichtungen wurden dann in folgender Weise bestimmt.

Nachdem die Hülfsmikroskope A und B, deren Befestigung am Rahmen des gewöhnlichen Mikroskopenträgers schon von Peters beschrieben ist (Peters, «Untersuchung der Theilungsfehler des Ertel'schen Vert. Kr.», Recueil de mém. des astron. de Poulkova) zwischen den festen Mikroskopen I und II, III und IV resp. angebracht waren, wurden die Entfernungen zwischen I (oder II) und A, IV (oder III) und B dem zu bestimmenden Winkel am Kreise möglichst nahe gleich gemacht. Als Ausgangsrichtung wurde im ersten Quadranten das Mittel aus den 8 Durchmessern genommen, die bei den resp. Ablesungen 31° 24′, 26′, 28′, 30′, 32′, 34′, 36′ und 38′ des Einstellungskreises unter den Mikroskopen I und IV sind; im zweiten Quadranten das Mittel aus den entsprechenden, um 90° von den ersten entfernten 2′-Strichen. Ausgehend von einem der genannten Durchmesser, wurde der zu bestimmende Winkel zuerst in den Quadranten I und III gemessen und zwar so, dass, wenn die Mikroskope I und IV benutzt wurden, der Ausgangsstrich unter dem Mikroskop A scharf eingestellt und das Mikroskop I abgelesen, dann der entsprechende Strich unter dem Mikroskop B eingestellt und Mikroskop IV abgelesen wurde. Durch Wiederholung derselben Operation nach Drehung des Kreises um 90° wurde dann, von der zweiten Kardinalrichtung ausgehend, der entsprechende Winkel im zweiten und vierten Quadranten gemessen. Nachdem der Kreis noch zwei Mal um je 90° gedreht und die zwischen den genannten Mikroskopen eingeschlossenen Winkel jedes Mal in derselben Weise gemessen waren, hatte man also von allen in dieser Reihe zu bestimmenden Winkeln doppelte Messungen bekommen und zwar jede durch ein anderes Mikroskopenpaar und in zwei um 180° verschiedenen Stellungen des Kreises.

Zur Bestimmung der wahren Winkelabstände zwischen den so benutzten Mikroskopen wurde dann in ganz analoger Weise, von einem beliebigen Strich des Kreises angefangen, ein so grosser Theil desselben aufgemessen, dass der gesuchte Winkel 8 bis 12 Mal darin aufging. Die aliquoten Theile dieses Bogens wollen wir hier Vergleichswinkel nennen. Hierauf wurde mit dem folgenden 2′-Strich ebenso wie mit dem ersten verfahren, nur dass die Reihenfolge der Quadranten dabei die umgekehrte war. In dieser Weise wurde das Mittel der zwei in jedem Quadranten zu bestimmenden Winkel von einer der Zeit proportionalen Aenderung der gegenseitigen Entfernungen der angewandten Mikroskope frei. Es erwies sich aber bald, dass die Hülfsmikroskope jetzt viel häufigeren Veränderungen unterworfen waren als ich bei früheren Messungen bei ihnen bemerkt habe, wahrscheinlich in Folge der raschen Temperaturschwankungen, die oft im Beobachtungssaal bemerkt wurden. Ich konnte mich deshalb nicht darauf verlassen, die in der Stellung der Mikroskope während der Messung vor sich gehenden Veränderungen in beschriebener Weise unschädlich gemacht zu haben, und entschloss mich deshalb nicht mehr alle Vergleichswinkel unmittelbar nach einander zu messen, sondern immer einen zu bestimmenden Winkel und einen Ver-

gleichswinkel abwechseln zu lassen. In dieser Weise brauchte ich mich nur für je etwa 5 Minuten auf die Unveränderlichkeit der Mikroskope zu verlassen. Natürlich wurden die Vergleichswinkel auch in diesem Fall unmittelbar an einander angeschlossen. Zur Verminderung des Einflusses etwaiger im Vergleichsbogen selbst während der Messung vor sich gehender Veränderungen wurden auch die einzelnen Unterabtheilungen desselben zuerst bis zur Hälfte des Bogens in directer Richtung gemessen, dann vom andern Ende des Bogens angefangen und wieder zurück bis zur Mitte. Der Vergleichsbogen für das folgende Paar von 2′-Strichen ging immer von dem Striche aus, wo der vorhergehende aufhörte. Da ich später bei der Zahl von 8 Unterabtheilungen des Vergleichsbogens für jedes Paar der zu untersuchenden Striche stehen blieb, so kommt, bei 8 Strichen in jedem Grade, die mittlere Correction eines Grades auf dem Vergleich des zu bestimmenden Bogens mit dem Mittelwerth aus 32 einzelnen, neben einander liegenden Vergleichswinkel zu beruhen. Zu noch besserer Sicherstellung gegen systematische Fehler in der herzustellenden Correctionstafel wurden noch die Vergleichsbogen, die zur Ermittelung der Correctionen zweier neben einander liegender Grade dienen sollten, fast ohne Ausnahme an einander angeschlossen.

Um mein Verfahren bei dieser Untersuchung durch ein Beispiel zu erläutern, wählen wir den Bogen 69° (= 100° 24′–38′ — 31° 24′–38′ und entsprechende Bogen in den andern Quadranten), der mit Hülfe der Mikroskope A und I, B und IV gemessen werden soll. Die Angaben des Einstellungskreises beziehen sich immer auf Mikroskop I (links oben).

Einstellungskreis.	Ables. d. Mikr. I.	Ables. d. Mikr. IV.
100° 26′	x_1	y_1
156 0	a_1	b_1
190 26	x_2	y_2
225 0	a_2	b_2
280 26	x_3	y_3
294 0	a_3	b_3
10 26	x_4	y_4
3 0	a_4	b_4
279 0	a_5	b_5
10 28	x_5	y_5
210 0	a_6	b_6
280 28	x_6	y_6
141 0	a_7	b_7
190 28	x_7	y_7
72 0	a_8	b_8
100 28	x_8	y_8

Da wir bei der ersten Annäherung von den Theilungsfehlern der äussersten Grenz-

striche des Vergleichsbogens, 87° (= 156°—69°) und 279°, absehen, so wird der hier anzuwendende Winkelwerth des Messapparates:

$$W = \frac{1}{8}\left(\frac{a_1 + b_1}{2} + \frac{a_2 + b_2}{2} + \ldots\ldots + \frac{a_8 + b_8}{2}\right).$$

Setzen wir dann:

$$B_1 = \frac{1}{4}\left(\frac{x_1 + y_1}{2} + \frac{x_3 + y_3}{2} + \frac{x_6 + y_6}{2} + \frac{x_8 + y_8}{2}\right)$$

$$B_2 = \frac{1}{4}\left(\frac{x_2 + y_2}{2} + \frac{x_4 + y_4}{2} + \frac{x_5 + y_5}{2} + \frac{x_7 + y_7}{2}\right),$$

so werden die Correctionen der auf die Striche 31° 26′, 28′ und 121° 26′, 28′ bezogenen, 69° abstehenden mittleren Durchmesser resp.

$$c_1 = W - B_1$$
und $$c_2 = W - B_2.$$

In ganz analoger Weise wurde dann derselbe Bogen mit den Strichen 31° 30′, 32′ 31° 34′, 36′, 31° 24′, 38′ resp. 121° 30′, 32′ etc. als Ausgangspunkte gemessen, wobei wie gesagt die Vergleichsbogen an einander angeschlossen wurden. Die Mittel aus den 4 für c_1 und für c_2 so gefundenen Werthen gaben mir dann die vorläufigen Correctionen der Durchmessergruppen 100° 24′—38′ und 190° 24′—38′.

Durch Verstellung der Hülfsmikroskope um ganze Grade wurde in dieser Weise für jeden Grad des Halbkreises die Lage der entsprechenden Gruppe von Durchmessern bestimmt. Da aber die Hülfsmikroskope den festen nicht näher als bis auf 5° Entfernung gebracht werden konnten, so musste für die Winkel 1°, 2°, 3°, 4° und 86°, 87°, 88°, 89° ein anderer Ausgangspunkt gewählt werden. Zu dem Zweck verband ich durch wiederholte Messungen die Gruppen in der Entfernung von 45° sehr scharf mit den ersten Ausgangsgruppen und bezog die vorher genannten Grade in dieser Weise mittelbar auf den allgemeinen Ausgangspunkt. Zuletzt wurde dann noch mit den festen Mikroskopen allein der Winkel zwischen den Ausgangsgruppen 31° 24′—38′ und 121° 24′—38′ mehrere Male gemessen und durch die so gefundene Correction des Referenzpunktes des zweiten Quadranten für den ganzen Kreis ein einheitliches Correctionssystem gebildet.

Wie oben gesagt, waren aber diese Correctionen nur als vorläufige zu betrachten. Mit Hülfe derselben wurden dann die einzelnen, oben W genannten Quantitäten wegen des Unterschiedes der Correctionen des ersten und des letzten Striches des angewandten Vergleichsbogens verbessert und so die definitive Correction gewonnen. Bei einer weiteren Annäherung würden nämlich die mittleren Correctionen nur um ein oder zwei Tausendstel Sekunden verändert worden sein.

Im Princip ist also diese Methode die Theilungsfehler zu bestimmen dieselbe, die

schon Bessel, nachher Peters, ich und noch Andere bei Bestimmung der Entfernung einzelner Punkte des Kreises von einander angewandt haben. Nur in der Ausführung sind verschiedene Modificationen hier zur Anwendung gekommen.

Bei einer derartigen über den ganzen Kreis sich erstreckenden Untersuchung der Theilungsfehler entgeht man offenbar den oben erwähnten, der gewöhnlichen Methode anhaftenden Uebelständen wie Anhäufung der Messungsfehler und ungleicher Sicherheit der Correctionen für verschiedene Stellen des Kreises. Was die systematischen Ungenauigkeiten der gefundenen Correctionen betrifft, so sind solche wohl hier auch nicht ganz unmöglich; die Gefahr ist aber jedenfalls bedeutend geringer als bei der gewöhnlichen Methode, indem die Stellung der Hülfsmikroskope hier so oft verändert werden muss. Auf diese kommt es nämlich dabei hauptsächlich an, da wohl angenommen werden kann, dass die festen Mikroskope genügend richtig gestellt sind. Steht nämlich der Kreis nicht senkrecht gegen seine Umdrehungsaxe und noch mehr, wenn nicht der ganze getheilte Limbus in einer vollkommenen Ebene liegt, so können Abweichungen von der richtigen Stellung der Mikroskope nicht unbedeutende Fehler in die Resultate hineinführen. Um dies beurtheilen zu können, wollen wir hier die sich darauf beziehenden Gleichungen entwickeln.

Nennen wir den Winkel zwischen dem Kreise und seiner horizontalen Umdrehungsaxe $90° + \varepsilon$ und nehmen wir an, dass der ε genannte Winkel durch eine kleine Drehung des Kreises um den Durchmesser k und $180° + k$ entstanden ist. Nehmen wir ferner an, dass die optischen Axen der 4 benutzten Mikroskope die Winkel ξ_I, ξ_A, ξ_{IV}, ξ_B resp. mit den durch die Rotationsaxe des Kreises und die Objective der resp. Mikroskope gelegten Ebenen bilden. Die bei der correcten Stellung des Kreises gemachten Mikroskopenablesungen:

$$\begin{aligned} &a \\ b_I &+ a \\ 180° &+ a \\ 180° + b_{IV} &+ a \end{aligned}$$

wo b_I und b_{IV} die resp. wahren Bogen zwischen den festen und den Hülfsmikroskopen bedeuten, verwandeln sich dann durch die Drehung ε in:

$$\mathbf{1.}\quad \begin{cases} a + \frac{1}{4}\varepsilon^2 \sin(2a - 2k) + \varepsilon \sin(a - k)\operatorname{tg}\xi_I \\ b_I + a + \frac{1}{4}\varepsilon^2 \sin(2a - 2k + 2b_I) + \varepsilon \sin(a - k + b_I)\operatorname{tg}\xi_A \\ 180° + a + \frac{1}{4}\varepsilon^2 \sin(2a - 2k + 360°) + \varepsilon \sin(a - k + 180°)\operatorname{tg}\xi_{IV} \\ 180° + b_{IV} + a + \frac{1}{4}\varepsilon^2 \sin(2a - 2k + 2b_{IV} + 360°) + \varepsilon \sin(a - k + b_{IV} + 180°)\operatorname{tg}\xi_B \end{cases}$$

wo alle Glieder einer höheren Ordnung als ε^2 weggelassen sind. Wir bekommen also, wenn wir mit B_I und B_{IV} die aus den Messungen folgenden Winkelwerthe der Bogen bezeichnen:

$$\mathbf{2.}\quad B_I = b_I + \frac{\varepsilon^2}{4}\{\sin(2a - 2k + 2b_I) - \sin(2a - 2k)\} + \varepsilon\{\sin(a - k + b_I)\operatorname{tg}\xi_A - \sin(a - k)\operatorname{tg}\xi_I\}$$

$$B_{IV}=b_{IV}+\frac{\varepsilon^2}{4}\{\sin(2a-2k+2b_{IV})-\sin(2a-2k)\}-\varepsilon\{\sin(a-k+b_{IV})\,\mathrm{tg}\,\xi_B-\sin(a-k)\,\mathrm{tg}\,\xi_{IV}\} \quad \mathbf{3.}$$

oder, da es in diesem Fall hinlänglich genau ist in den kleinen Gliedern die Winkel b_I und b_{IV} gleich zu setzen:

$$\begin{aligned} B &= \frac{B_I+B_{IV}}{2} = \frac{b_I+b_{IV}}{2}+\frac{1}{4}\varepsilon^2\{\sin(2a-2k+2b)-\sin(2a-2k)\} \\ &+\frac{1}{2}\varepsilon\{\sin(a-k+b)\,(\mathrm{tg}\,\xi_A-\mathrm{tg}\,\xi_B)-\sin(a-k)\,(\mathrm{tg}\,\xi_I-\mathrm{tg}\,\xi_{IV})\}. \end{aligned} \quad \mathbf{4.}$$

Da aber jeder Bogen in zwei um 180° verschiedenen Stellungen des Kreises gemessen wird, so verschwindet das in ε multiplicirte Glied aus dem Mittel der beiden Messungen und wir haben:

$$B_0 = \frac{b_I+b_{IV}}{2}+\frac{1}{4}\varepsilon^2\{\sin(2a-2k+2b)-\sin(2a-2k)\}. \quad \mathbf{5.}$$

Das hier zurückgebliebene zweite Glied rechts wird wohl nur selten von Bedeutung werden, da es bei einem Werth von 1′ für ε erst 0″,009 im Maximo ausmacht. Wir dürfen aber hier nicht vergessen, dass wir bei einer derartigen Behandlung der Gleichungen tacite zwei Voraussetzungen gemacht haben, die wohl nur in den seltensten Fällen erfüllt sind: Erstens dass die mittlere Entfernung des Kreises von den vier benutzten Mikroskopen dieselbe war in seinen beiden um 180° verschiedenen Stellungen, dass also keine Verschiebung längs der Rotationsaxe bei dieser Drehung stattgefunden habe; zweitens dass die Fläche des getheilten Limbus eine vollkommene Ebene bilde. Trifft die erste Voraussetzung nicht zu, so bekommt in der Gleichung 5) die rechte Seite noch ein Glied von der Form:

$$\frac{\Delta\lambda}{2r\sin 1''}(\mathrm{tg}\,\xi_A-\mathrm{tg}\,\xi_I+\mathrm{tg}\,\xi_B-\mathrm{tg}\,\xi_{IV}), \quad \mathbf{a)}$$

wo $\Delta\lambda$ die Verschiebung der Axe und r den Radius des Kreises bedeutet.

Eine solche Verschiebung von irgend einer Bedeutung sollte bei gewöhnlichen Meridiankreisen wenig zu befürchten sein, da das abgerundete Ende der Axe durch eine Feder gegen eine Platte gedrückt wird. Bei unserem Instrument wäre sie eher zu vermuthen, da die Lage der Axe hier von dem Contact eines an dem einen Lager befestigten Stahlzapfens mit dem Flansch der Axe bestimmt wird. Nach der schon erwähnten Berichtigung des Kreises und Abschleifen der Zapfen der Umdrehungsaxe, habe ich vor einigen Jahren durch geeignete Messungen bei den angegebenen Kreisablesungen im Mittel für die 4 festen Mikroskope folgende Entfernungen des getheilten Limbus von einem willkürlich gewählten festen Punkt gefunden:

Kreisabl.	Entfernung.
	mm
0°	7,330
20	7,348
40	7,368
60	7,350
80	7,344
100	7,356
120	7,360
140	7,350
160	7,332
180	7,318
200	7,332
220	7,322
240	7,306
260	7,300
280	7,316
300	7,316
320	7,316
340	7,324
360	7,330

Diese Entfernungen lassen sich recht gut durch die Formel

$$7^{mm},333 + 0^{mm},024 \sin (7° + z)$$

darstellen, wo z die Kreisablesung bedeutet.

Unter der — hier sehr nahe richtigen — Voraussetzung, dass das periodische Glied dieses Ausdrucks nur durch kleine bei der Drehung stattfindende Verschiebungen der Axe entstanden ist, haben wir dann

$$\Delta\lambda = + 0^{mm},024 \sin (7° + z).$$

Die Summe der ξ genannten Winkel wird ohne Zweifel oft so grosss ein, dass der Ausdruck **a)** bei diesem Werth von $\Delta\lambda$ den gemessenen Bogen um einige Hundertstel Sekunden verändern kann. Da aber jeder Bogen bei zwei um 180° verschiedenen Stellungen des Kreises gemessen wird, so gehen bei unserem Kreise die von $\Delta\lambda$ herrührenden Veränderungen der Einzelresultate aus ihrem Mittel heraus. Es dürfte aber bei einigen Instrumenten der Fall sein, dass $\Delta\lambda$ gleichzeitig die hier gefundene Grösse übersteigt und auch einem viel weniger regelmässigen Gesetz folgt, wobei also der Einfluss des mehrerwähnten Gliedes sich nicht im Endresultate aufhebt.

Was die erwähnte zweite Voraussetzung — dass der Limbus in einer einzigen Ebene liege — betrifft, so dürfte wohl jeder Kreis in dieser Hinsicht etwas von der streng richtigen Form abweichen. Dann ist aber auch der Winkel ε nicht mehr eine constante Grösse und die in $tg\ \xi$ multiplicirten Glieder werden sich in dem für den Bogen gefundenen Ausdruck nicht — oder nur in Ausnahmefällen — aufheben. Wie unser Kreis in dieser Hinsicht beschaffen ist, geht aus folgenden Messungen hervor, die ich bei oben genannter Gelegenheit ausgeführt habe. Die Unvollkommenheiten der Contactfläche des Flansches sind dabei schon aus den Zahlen weggeschafft.

Kreisabl.	Entfernung des Limbus vom Mikroskop I. mm.
0°	6,584
20	6,520
40	6,472
60	6,478
80	6,528
100	6,602
120	6,626
140	6,608
160	6,544
180	6,522
200	6,516
220	6,524
240	6,578
260	6,596
280	6,618
300	6,656
320	6,638
340	6,618
360	6,584

Nach Wegschaffen einer kleinen noch übrig gebliebenen Unrichtigkeit der Neigung des Kreises gegen die Umdrehungsaxe, zeigen diese Zahlen, dass er als eine ziemlich regelmässige cylindrische Fläche betrachtet werden kann, deren Krümmungsradius ungefähr 1000^m ausmacht. Unser Ausdruck für den Einfluss der von den Winkeln ξ abhängigen Glieder der Quantität B_0 wird dann, wenn der Krümmungsradius der Cylinderfläche $= \rho$ der Radius des Kreises wie oben $= r$ gesetzt wird und wir von $\frac{r}{\rho}$ die dritte und höhere Potenzen weglassen:

$$\frac{1}{4}\,\frac{r}{\rho \sin 1''}\,\{\sin(a - k + b)^2\,(\mathrm{tg}\,\xi_A + \mathrm{tg}\,\xi_B) - \sin(a - k)^2\,(\mathrm{tg}\,\xi_I + \mathrm{tg}\,\xi_{IV})\}. \qquad \mathfrak{b})$$

k bedeutet hier einen der Punkte, wo der Kreis von seinem mit der Axe des Cylinders parallelen Durchmesser geschnitten wird.

Der Werth von r ist $0^m,54$. Erreichen also $\xi_A + \xi_B$ und $\xi_I + \xi_{IV}$ den Werth von je nur $10'$, so kann das bezügliche Glied eine Veränderung des Bogens bis zu $\pm 0'',16$ verursachen. Man darf deshalb nicht überrascht sein, wenn zwischen verschiedenen Bestimmungen der Theilungsfehler desselben Durchmessers constante Unterschiede von diesem und noch bedeutend grösserem Betrage vorkommen sollten.

Messen wir nun aber, bei derselben Stellung der Mikroskope, den entsprechenden Winkel b auch in dem zweiten und vierten Quadranten, so verwandelt sich der Ausdruck **b)** dort in:

c) $$\frac{1}{4}\frac{r}{\rho \sin 1''}\{\cos(a - k + b)^2(\operatorname{tg}\xi_A + \operatorname{tg}\xi_B) - \cos(a - k)^2(\operatorname{tg}\xi_I + \operatorname{tg}\xi_{IV})\}.$$

Der Einfluss dieser Glieder auf das Mittel der in allen 4 Quadranten gemessenen Bogen wird also:

d) $$\frac{1}{4}\frac{r}{\rho \sin 1''}(\operatorname{tg}\xi_A + \operatorname{tg}\xi_B - \operatorname{tg}\xi_I - \operatorname{tg}\xi_{IV}) = \text{constant}.$$

Hier ebenso wie bei der ersten der besprochenen Voraussetzungen bietet sich nun von selbst eine Bemerkung gegen die von mir adoptirte Methode die Theilungsfehler zu bestimmen. Soll das Endresultat durch die erwähnten Unvollkommenheiten des Kreises nicht beeinflusst werden, so müssen ja auch die zur Bestimmung des Winkelwerthes des Messapparates gewählten Winkel, erstens in zwei um 180^0 verschiedenen Stellungen des Kreises gemessen werden, zweitens auf alle 4 Quadranten gleichmässig vertheilt sein. Um den Einfluss anderweitiger Fehlerquellen zu vermindern, sind, wie früher gesagt wurde, die zu einem Bogen gehörigen 32 Vergleichswinkel hier nach einem andern Princip gewählt und gemessen, ein Princip, welches sich nur theilweise hätte mit den hier geforderten Bedingungen vereinigen lassen können. Die hieraus entstehende kleine Unsicherheit des Resultates ist aber jedenfalls minimal und tritt ausserdem nur als ein für den betreffenden Grad zufälliger Fehler auf.

Da nun diese Bemerkung, was unseren Kreis betrifft, sich gegen alle nicht gleichmässig auf alle 4 Quadranten vertheilten Winkelmessungen machen lässt, so sieht man auch unmittelbar ein, dass ein Versuch, die Theilungsfehler für z. B. jeden sechzigsten Grad in der gewöhnlichen Weise zu bestimmen, nothwendig falsche Resultate geben müsste, wenn nicht zufälligerweise die Winkel ξ ihren Einfluss gegenseitig aufheben sollten.

Diese Auseinandersetzung zeigt uns also, dass die besprochenen Unvollkommenheiten eines Winkelinstrumentes unzweifelhaft Einfluss auf die gemessenen Winkel haben können. Dass diese Unvollkommenheiten bei unserem Kreis so symmetrische Formen angenommen haben, dass der genannte Einfluss sich fast vollständig aufheben muss, ist natürlich nur ein

glücklicher Zufall, der nicht oft zutreffen dürfte. In allen andern Fällen unterliegt das Resultat dem Einfluss der Winkel ξ. Dass man sich nun auch bei der von mir befolgten Untersuchungsmethode, was den einzelnen zu bestimmenden Winkel betrifft, diesem Einfluss nicht entziehen kann, geht deutlich aus dem Gesagten hervor. Da nun die Winkel ξ schwer zu controliren, oft noch schwerer zu corrigiren sind, so muss eine häufigere Verstellung der Hülfsmikroskope jedenfalls dazu beitragen, das Resultat vor systematischen Ungenauigkeiten zu schützen; und darin liegt, meiner Meinung nach, ein entschiedener Vorzug der hier befolgten Methode. Denn hier mussten die Mikroskope A und B jedesmal nach der Messung der Bogen b und $90° - b$, also wenigstens 45 Mal, am Mikroskopenrahmen verschoben, mit dem Befestigungsarm und ausserdem in ihrer Fassung gedreht werden, so dass wohl kaum zwei benachbarte Gradstriche mit denselben Fehlern in ihren Correctionen behaftet sein können. Bei der gewöhnlichen Methode dagegen beruhen die unabhängigen Fehlerbestimmungen auf nur ein paar Mal veränderten Stellungen genannter Mikroskope.

Ein Nachtheil bei der hier befolgten Untersuchungsmethode ist ohne Zweifel der dabei erforderliche grössere Aufwand an Arbeit; denn hier dient die Hälfte der Messungen nur zur Bestimmung des Winkelwerthes des Messapparates, wogegen bei der gewöhnlichen Methode ein bedeutend kleinerer Procentsatz als dazu erforderlich betrachtet werden kann. Bei besseren Vorrichtungen zur Befestigung der Hülfsmikroskope als die hier vorhandenen, oder bei geringeren Temperaturschwankungen während der Messung, wo man also auf grössere Unveränderlichkeit des Messapparates rechnen kann, wird aber durch geeignete Anordnung der Messungen auch diese Ungleichheit sich bedeutend vermindern lassen, besonders dadurch, dass man dann die Messungen der aliquoten Theile des Vergleichsbogens durch Vergleichung unter einander für die Bestimmung der Theilungsfehler auch direct verwerthen kann. Uebrigens ist es mir auch jetzt, wenn ich ungestört arbeiten konnte, in der Regel gelungen zwei Grade des Quadranten (8 Grade des Kreises) an einem Tage fertig zu messen, was eine Zeit von 45 Tagen für den ganzen Kreis ausmachen würde. Dabei ist noch zu bemerken, dass ich vorsätzlich jede Mitwirkung eines Gehülfen vermieden habe. Bietet diese Untersuchungsmethode, wie ich glaube nachgewiesen zu haben, eine grössere Sicherheit als die gewöhnlich angewandte, so braucht man, wo es auf grosse Genauigkeit in der Kenntniss der Correctionen ankommt, sich also nicht durch den Umfang der Arbeit davon abschrecken zu lassen.

Bevor wir zu den Ergebnissen der einzelnen Messungen übergehen, erlaube ich mir einen gefälligst von den Herren Repsold mitgetheilten Auszug aus dem beim Auftragen der neuen Theilung geführten Protokolle vorauszuschicken. Dabei ist zu bemerken, dass der hier mit $0° 0'$ bezeichnete Strich derselbe ist, der in der jetzigen Stellung des Kreises $28° 42'$ heisst und dass die Zahlen an unserem Einstellungskreise in umgekehrter Richtung gehen.

Protokoll bei der Neutheilung des Pulkowaer Verticalkreises durch die Herren Repsold.

1876. Theilmaschine.				
Mai	1	4^h n. M.	0° 0′	+ 12°,2 R.
		7	7 8	12,4
	2	7 v. M.	7 10	10,4
		9	13 30	11,4
		11	18 50	12,0
		1	23 30	12,8
		2 30^m		12,8
		4 30	29 0	13,0
		7	33 40	12,7
	3	7		10,0
		9	39 40	11,0
		11	44 30	11,9
		1	49 10	12,4
		4		12,6
		7	56 50	12,8
	4	7		10,3
	4	9	62 10	11,5
		11	66 0	12,5
		1	71 10	13,0
		4		12,9
		7	80 10	13,3
	5	7		11,0
		9	87 0	11,8
		11	92 30	12,8
		1	97 50	13,5
		2 30		13,3
		5	104 40	13,9
		7	108 50	13,7
	6	7		11,7
		9	114 20	12,2
		11	120 0	12,8
		1	125 10	13,7
		2 30		13,7
		4 30	130 50	13,9
		6 30	135 0	13,5
	8	7		10,9
		9	141 0	11,6
		11	145 50	12,0
		1	150 40	12,8
		2 30		12,6
		5 30	159 0	13,0

1876. Theilmaschine.				
Mai	8	7^h	163° 10′	+ 12°,7 R.
	9	7		10,3
		9	169 30	11,0
		11	174 40	11,5
		1	180 20	11,9
		2 30^m		11,9
		4 30	185 40	12,6
		6	188 50	12,5
	10	8		10,6
		10	195 0	11,7
		10 30		11,8
		1	201 50	12,5
		2 30		12,2
		7	213 20	12,9
	11	7		10,9
		9	218 20	11,6
		11	222 0	12,1
		1	226 0	12,8
		2 30		12,7
		4 30	231 50	13,3
		7	237 10	13,1
	12	7		10,8
		9	242 20	11,3
		11	247 10	11,9
		1	252 20	12,5
		2 30		12,4
		4 30	258 30	12,8
		7	264 10	12,8
	13	7		10,4
		9	270 0	11,3
		11	275 30	11,9
		1	281 20	12,8
		2 30		12,7
		4 45	288 30	13,2
		6 30	292 50	12,7
	15	7		9,5
		9	298 20	10,1
		11	303 0	11,2
		1	308 40	12,1
		2 30		12,0
		5	317 0	12,5

1876. Theilmaschine.				1876. Theilmaschine.			
Mai 15	7^h	321° 30′	+ 12°,3 R.	Mai 16	$4^h\,30^m$	344° 30′	+ 13°,0 R.
16	7		10,2		7	347 50	13,0
	9	327 40	11,7	17	7		11,0
	11	332 50	12,3		9	353 20	12,0
	1	338 20	13,0		11	357 40	12,8
	$2\,30^m$		12,6		12	360 0	13,0

Bei den folgenden Resultaten der einzelnen Messungen ist zu bemerken, dass die kleinen Unterschiede der einzelnen 2′-Intervalle in den Bogen 31° 24′—38′ (211° 24′—38′) und 121° 24′—38′ (301° 24′—38′), auf welche Gruppen alle Correctionen bezogen sind, hier schon berücksichtigt sind und jede einzelne Correction sich also auf das Mittel der Striche der genannten Gruppen bezieht. Auch sind hier nicht die vorläufig gefundenen Correctionen, sondern die nach Anbringung der S. 5 erwähnten Verbesserung ermittelten gegeben.

Nennen wir dann die durch Verbindung der Striche

26′ und 28′ in den resp. Graden gefund. Corr. α
30 » 32 » » » » » » β
34 » 36 » » » » » » γ
24 » 38 » » » » » » δ

und setzen wir unter «Erster Durchmesser» die auf 31° 24′—38′, unter «Zweiter Durchmesser» die auf 121° 24′—38′ bezogenen Correctionen der in den resp. Entfernungen gemessenen Gruppen, so sehen die für diese Entfernungen gefundenen Werthe genannter Quantitäten folgendermaassen aus. Alle Bogen sind vom Ausgangspunkt nach den wachsenden Zahlen zu gerechnet.

Tabelle I.

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
1°	α	—0″,071	—0″,308	II, III	+ 18°,0 R.
	β	—0,235	—0,291		
	γ	—0,404	—0,341		
	δ	—0,155	—0,189		
		—0,217	—0,282		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
1°	α	—0″,011	—0″,417	I, IV	+11°,5 R.
	β	—0,063	—0,353		
	γ	—0,094	—0,320		
	δ	+0,041	—0,355		
		—0,032	—0,361		
2	α	+0,057	—0,196	II, III	+17,4
	β	+0,077	—0,028		
	γ	—0,175	—0,012		
	δ	—0,173	—0,107		
		—0,054	—0,086		
3	α	+0,159	—0,272	II, III	+17,3
	β	—0,006	—0,052		
	γ	—0,075	—0,177		
	δ	—0,069	—0,218		
		+0,002	—0,180		
4	α	+0,305	—0,156	II, III	+18,2
	β	—0,097	—0,187		
	γ	—0,146	—0,058		
	δ	+0,078	—0,354		
		+0,035	—0,189		
5	α	—0,099	—0,463	II, III	+18,6
	β	—0,043	—0,363		
	γ	—0,115	—0,222		
	δ	+0,208	—0,140		
		—0,013	—0,297		
6	α	+0,372	—0,403	II, III	+19,2
	β	+0,234	—0,484		
	γ	+0,083	—0,598		
	δ	+0,035	—0,651		
		+0,181	—0,534		
7	α	+0,134	—0,527	II, III	+21,4
	β	+0,137	—0,411		
	γ	+0,011	—0,476		
	δ	+0,241	—0,457		
		+0,131	—0,468		
8	α	—0,281	—0,515	II, III	+23,3
	β	—0,260	—0,411		
	γ	—0,117	—0,344		
	δ	—0,168	—0,515		
		—0,207	—0,446		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
9°	α	—0″,062	—0″,631	II, III	+22°,2 R.
	β	—0,088	—0,660		
	γ	—0,217	—0,544		
	δ	+0,032	—0,353		
		—0,084	—0,547		
10	α	—0,024	—0,575	II, III	+21,4
	β	+0,047	—0,572		
	γ	—0,195	—0,411		
	δ	—0,282	—0,570		
		—0,114	—0,532		
10	α	—0,143	—0,567	II, III	+12,0
	β	—0,026	—0,578		
	γ	—0,343	—0,478		
	δ	—0,216	—0,525		
		—0,182	—0,537		
11	α	—0,571	—0,637	II, III	+19,7
	β	—0,203	—0,222		
	γ	—0,263	—0,539		
	δ	—0,379	—0,396		
		—0,354	—0,448		
12	α	—0,307	—0,287	II, III	+18,2
	β	—0,180	—0,212		
	γ	—0,418	—0,334		
	δ	—0,240	—0,354		
		—0,287	—0,297		
13	α	—0,069	—0,640	II, III	+19,1
	β	—0,046	—0,305		
	γ	—0,219	—0,210		
	δ	—0,338	—0,511		
		—0,168	—0,416		
14	α	+0,010	—0,351	II, III	+19,4
	β	—0,059	—0,506		
	γ	+0,191	—0,355		
	δ	—0,067	—0,454		
		+0,019	—0,416		
15	α	+0,355	—0,224	II, III	+15,0
	β	+0,210	—0,353		
	γ	+0,536	—0,286		
	δ	+0,418	—0,179		
		+0,380	—0,261		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
16°	α	+0″,587	—0″,243	II, III	+16°,1 R.
	β	+0,429	—0,358		
	γ	+0,409	—0,324		
	δ	+0,533	—0,056		
		+0,489	—0,245		
17	α	+0,517	—0,066	II, III	+16,8
	β	+0,504	—0,166		
	γ	+0,462	—0,155		
	δ	+0,526	—0,186		
		+0,502	—0,143		
18	α	+0,458	—0,266	II, III	+15,4
	β	+0,278	—0,178		
	γ	+0,489	—0,324		
	δ	+0,414	—0,335		
		+0,410	—0,276		
19	α	+0,561	—0,684	II, III	+14,0
	β	+0,697	—0,622		
	γ	+0,664	—0,689		
	δ	+0,699	—0,579		
		+0,655	—0,643		
20	α	+0,793	—0,566	II, III	+18,6
	β	+0,713	—0,572		
	γ	+0,474	—0,579		
	δ	+0,546	—0,694		
		+0,631	—0,602		
21	α	+0,350	—0,571	II, III	+15,6
	β	+0,280	—0,677		
	γ	+0,457	—0,479		
	δ	+0,454	—0,450		
		+0,385	—0,544		
22	α	+0,553	—0,205	II, III	+14,2
	β	+0,214	—0,443		
	γ	+0,305	—0,326		
	δ	+0,227	—0,278		
		+0,324	—0,312		
22	α	+0,285	—0,208	I, IV	+ 9,3
	β	+0,257	—0,137		
	γ	+0,418	—0,314		
	δ	+0,345	—0,310		
		+0,326	—0,242		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
23°	α	+0″,565	—0″,545	II, III	+15°,8
	β	+0,313	—0,861		
	γ	+0,320	—0,689		
	δ	+0,168	—0,923		
		+0,341	—0,754		
24	α	+0,419	—1,032	II, III	+12,7
	β	+0,348	—0,950		
	γ	+0,452	—0,759		
	δ	+0,422	—0,855		
		+0,410	—0,899		
25	α	+0,524	—0,746	II, III	+15,7
	β	+0,620	—0,597		
	γ	+0,659	—0,888		
	δ	+0,589	—0,889		
		+0,598	—0,780		
26	α	+0,482	—0,909	II, III	+12,4
	β	+0,423	—0,861		
	γ	+0,624	—0,907		
	δ	+0,612	—0,892		
		+0,535	—0,892		
27[1])	Mittel	+0,702	—1,173	I, IV, II, III	
28	α	+0,469	—1,435	II, III	+11,0
	β	+0,506	—1,268		
	γ	+0,489	—1,138		
	δ	+0,661	—1,206		
		+0,531	—1,261		
29	α	+0,683	—1,388	II, III	+ 8,0
	β	+0,779	—1,364		
	γ	+0,798	—1,217		
	δ	+0,679	—1,175		
		+0,734	—1,286		
30	α	+0,754	—1,344	II, III	+11,6
	β	+0,479	—1,438		
	γ	+0,767	—1,334		
	δ	+0,735	—1,371		
		+0,683	—1,371		

1) Der gemessege Bogen ist eigentlich 26° 56′. Die Correctionen sind durch andere Combinationen gefunden, indem die am Schluss angeführten Messungen der bei Polarsternbeobachtungen benutzten Intervalle des Kreises dabei mitgewirkt haben.

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
31°	α	+0,927	—1,248	II, III	+11,4 R.
	β	+0,781	—1,151		
	γ	+0,875	—1,108		
	δ	+0,840	—1,098		
		+0,855	—1,151		
32	α	+0,882	—0,540	II, III	+13,0
	β	+0,761	—0,936		
	γ	+0,846	—0,984		
	δ	+0,643	—1,135		
		+0,783	—0,898		
33	α	+0,915	—0,945	II, III	+ 9,8
	β	+0,934	—1,043		
	γ	+0,939	—0,980		
	δ	+0,919	—0,896		
		+0,926	—0,966		
34	α	+0,867	—0,681	II, III	+ 8,6
	β	+0,991	—0,640		
	γ	+0,896	—0,892		
	δ	+0,873	—0,720		
		+0,906	—0,733		
35	α	+0,564	—0,771	II, III	+15,8
	β	+0,913	—0,675		
	γ	+0,730	—1,080		
	δ	+0,869	—0,862		
		+0,769	—0,847		
36	α	+0,699	—1,126	II, III	+14,6
	β	+0,701	—0,982		
	γ	+0,869	—1,135		
	δ	+0,410	—1,212		
		+0,670	—1,114		
37	α	+0,835	—1,092	II, III	+12,5
	β	+1,009	—1,033		
	γ	+0,948	—1,052		
	δ	+0,774	—1,043		
		+0,891	—1,055		
38	α	+0,869	—1,387	II, III	+11,4
	β	+0,895	—1,365		
	γ	+0,865	—1,259		
	δ	+0,890	—1,394		
		—0,880	—1,351		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
39°	α	+0″,824	−1″,246	II, III	+12°,9 R.
	β	+0,686	−1,124		
	γ	+0,850	−1,065		
	δ	+0,845	−1,295		
		+0,801	−1,182		
40	α	+0,941	−1,265	II, III	+18,7
	β	+0,761	−1,198		
	γ	+0,919	−0,922		
	δ	+0,739	−1,139		
		+0,840	−1,131		
41	α	+0,777	−1,000	II, III	+19,3
	β	+1,098	−0,795		
	γ	+1,056	−0,844		
	δ	+0,946	−1,052		
		+0,972	−0,923		
42	α	+0,994	−0,826	II, III	+17,2
	β	+1,150	−0,872		
	γ	+0,869	−0,744		
	δ	+1,105	−0,776		
		+1,029	−0,804		
43	α	+1,354	−0,940	II, III	+15,4
	β	+1,169	−0,838		
	γ	+1,197	−0,722		
	δ	+1,228	−0,955		
		+1,237	−0,864		
44	α	+1,300	−0,606	II, III	+18,3
	β	+1,309	−0,697		
	γ	+1,408	−0,435		
	δ	+1,314	−0,691		
		+1,333	−0,607		
45	α	+1,321	−0,792	II, III	+18,6
	β	+1,123	−0,596		
	γ	+1,306	−0,317		
	δ	+1,428	−0,605		
		+1,294	−0,577		
45	α	+1,286	−0,770	II, III	+20,3
	β	+1,251	−0,645		
	γ	+1,435	−0,519		
	δ	+1,427	−0,606		
		+1,350	−0,635		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
45°	α	+1″,280	—0″,900	II, III	+16,°6 R.
	β	+1,215	—0,621		
	γ	+1,392	—0,476		
	δ	+1,449	—0,617		
		+1,334	—0,653		
45	α	+1,246	—0,855	I, IV	+18,6
	β	+1,095	—0,595		
	γ	+1,274	—0,372		
	δ	+1,349	—0,583		
		+1,241	—0,601		
45	α	+1,225	—0,819	I, IV	+20,3
	β	+1,276	—0,603		
	γ	+1,276	—0,454		
	δ	+1,385	—0,613		
		+1,290	—0,622		
45	α	+1,387	—0,889	I, IV	+16,6
	β	+1,185	—0,719		
	γ	+1,464	—0,651		
	δ	+1,405	—0,521		
		+1,360	—0,695		
46	α	+1,244	—0,936	I, IV	+18,9
	β	+1,221	—0,983		
	γ	+1,341	—0,795		
	δ	+1,040	—0,880		
		+1,211	—0,898		
47	α	+1,411	—0,763	I, IV	+20,3
	β	+1,279	—0,600		
	γ	+1,281	—0,837		
	δ	+1,253	—0,903		
		+1,306	—0,775		
48	α	+1,174	—0,767	I, IV	+16,7
	β	+1,312	—0,763		
	γ	+1,348	—0,810		
	δ	+1,251	—0,804		
		+1,271	—0,786		
49	α	+1,239	—0,764	I, IV	+20,1
	β	+1,358	—0,699		
	γ	+1,256	—0,675		
	δ	+1,395	—0,762		
		+1,312	—0,725		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
50°	α	+1″,323	−0″,743	I, IV	+18°,8 R.
	β	+1,367	−0,847		
	γ	+1,516	−0,942		
	δ	+1,124	−0,972		
		+1,332	−0,876		
51	α	+1,337	−0,492	I, IV	+19,0
	β	+1,673	−0,598		
	γ	+1,572	−0,640		
	δ	+1,699	−0,407		
		+1,570	−0,534		
52	α	+1,563	−0,668	I, IV	+11,0
	β	+1,458	−0,648		
	γ	+1,593	−0,483		
	δ	+1,683	−0,354		
		+1,574	−0,538		
53	α	+1,613	−0,503	I, IV	+11,1
	β	+1,528	−0,406		
	γ	+1,519	−0,496		
	δ	+1,360	−0,714		
		+1,504	−0,529		
54	α	+1,404	−0,606	I, IV	+14,1
	β	+1,652	−0,563		
	γ	+1,354	−0,714		
	δ	+1,304	−0,685		
		+1,428	−0,642		
55	α	+1,184	−0,658	I, IV	+11,6
	β	+1,257	−0,858		
	γ	+1,306	−0,793		
	δ	+1,213	−0,817		
		+1,245	−0,781		
56	α	+1,015	−0,511	I, IV	+12,3
	β	+1,297	−0,554		
	γ	+1,171	−0,671		
	δ	+1,344	−0,695		
		+1,206	−0,607		
57	α	+1,120	−0,355	I, IV	+ 9,2
	β	+1,230	−0,634		
	γ	+1,117	−0,729		
	δ	+1,344	−0,535		
		+1,202	−0,563		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
58°	α	+1″,169	−0″,837	I, IV	+10°,7 R.
	β	+1,099	−0,977		
	γ	+1,157	−0,766		
	δ	+1,162	−0,844		
		+1,146	−0,856		
59	α	+0,833	−0,917	I, IV	+14,5
	β	+0,893	−1,054		
	γ	+1,069	−0,943		
	δ	+1,154	−0,801		
		+0,987	−0,928		
60	α	+0,797	−0,841	I, IV	+11,1
	β	+0,940	−0,762		
	γ	+0,616	−0,815		
	δ	+0,745	−0,806		
		+0,777	−0,806		
61	α	+0,624	−0,689	I, IV	+12,0
	β	+0,564	−0,800		
	γ	+0,658	−0,890		
	δ	+0,774	−0,663		
		+0,655	−0,760		
62	α	+0,858	−0,788	I, IV	+ 8,6
	β	+0,979	−0,861		
	γ	+0,934	−0,904		
	δ	+1,025	−0,910		
		+0,949	−0,866		
63	α	+1,093	−0,882	I, IV	+11,9
	β	+1,366	−0,914		
	γ	+0,874	−1,111		
	δ	+1,171	−0,822		
		+1,121	−0,932		
64	α	+0,948	−0,708	I, IV	+12,5
	β	+0,847	−0,733		
	γ	+1,042	−0,732		
	δ	+0,999	−0,767		
		+0,959	−0,735		
65	α	+0,672	−0,611	I, IV	+15,2
	β	+0,731	−0,704		
	γ	+0,785	−0,390		
	δ	+0,868	−0,505		
		+0,764	−0,552		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
66°	α	+0″,762	—0″,874	I, IV	+13°,1 R.
	β	+0,574	—0,944		
	γ	+0,908	—0,913		
	δ	+0,772	—0,833		
		+0,754	—0,891		
	α	+0,804	—0,681	I, IV	+14,7
	β	+0,646	—0,870		
	γ	+0,503	—0,933		
	δ	+0,716	—0,896		
		+0,667	—0,845		
68	α	+1,108	—0,668	I, IV	+17,8
	β	+0,868	—0,965		
	γ	+1,011	—0,874		
	δ	+0,984	—0,844		
		+0,992	—0,837		
68	α	+0,902	—0,758	II, III	+ 7,8
	β	+1,007	—0,569		
	γ	+0,871	—0,993		
	δ	+0,990	—0,597		
		+0,942	—0,729		
69	α	+1,268	—0,692	I, IV	+13,0
	β	+1,113	—0,732		
	γ	+1,182	—0,857		
	δ	+1,315	—0,371		
		+1,219	—0,663		
70	α	+1,362	—0,599	I, IV	+17,5
	β	+1,307	—0,523		
	γ	+0,990	—0,579		
	δ	+1,290	—0,503		
		+1,237	—0,551		
71	α	+1,156	—0,514	I, IV	+17,1
	β	+1,214	—0,644		
	γ	+1,377	—0,749		
	δ	+1,165	—0,679		
		+1,228	—0,646		
72	α	+1,407	—0,388	I, IV	+14,5
	β	+1,386	—0,487		
	γ	+1,470	—0,400		
	δ	+1,188	—0,580		
		+1,362	—0,463		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
73°	α	+1″,262	—0″,688	I, IV	+17°,9 R.
	β	+1,374	—0,691		
	γ	+1,283	—1,103		
	δ	+1,484	—0,874		
		+1,350	—0,838		
74	α	+1,193	—0,967	I, IV	+17,6
	β	+1,375	—0,750		
	γ	+1,196	—0,885		
	δ	+1,330	—1,091		
		+1,273	—0,923		
75	α	+1,002	—1,009	I, IV	+15,0
	β	+1,028	—0,895		
	γ	+1,140	—1,058		
	δ	+1,022	—0,837		
		+1,048	—0,949		
76	α	+0,826	—0,809	I, IV	+17,7
	β	+1,065	—0,829		
	γ	+1,139	—0,797		
	δ	+0,998	—0,726		
		+1,007	—0,790		
77	α	+1,129	—0,761	I, IV	+19,1
	β	+1,221	—0,967		
	γ	+1,047	—0,992		
	δ	+1,365	—0,934		
		+1,190	—0,913		
78	α	+1,262	—1,024	I, IV	+18,3
	β	+0,854	—1,016		
	γ	+0,997	—0,971		
	δ	+0,919	—1,263		
		+1,008	—1,068		
79	α	+0,826	—1,377	I, IV	+20,1
	β	+0,975	—1,243		
	γ	+1,050	—1,050		
	δ	+1,043	—1,241		
		+0,973	—1,227		
80	α	+1,119	—1,209	I, IV	+21,3
	β	+1,221	—1,229		
	γ	+1,363	—1,173		
	δ	+1,159	—1,152		
		+1,215	—1,190		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
80°	α	+0,915	—1,022	II, III	+12,0° R.
	β	+1,022	—1,032		
	γ	+1,043	—1,108		
	δ	+0,994	—0,916		
		+0,993	—1,019		
81	α	+1,184	—0,948	I, IV	+22,3
	β	+1,301	—0,853		
	γ	+1,192	—1,166		
	δ	+1,179	—1,033		
		+1,214	—1,000		
81	α	+1,076	—0,888	II, III	+13,3
	β	+0,911	—0,826		
	γ	+1,087	—0,701		
	δ	+0,873	—0,984		
		+0,987	—0,850		
82	α	+1,333	—0,521	I, IV	+22,6
	β	+1,088	—0,525		
	γ	+1,153	—0,819		
	δ	+1,147	—0,440		
		+1,180	—0,576		
82	α	+0,956	—0,477	II, III	+12,9
	β	+0,947	—0,466		
	γ	+1,014	—0,618		
	δ	+0,710	—0,626		
		+0,906	—0,546		
83	α	+1,151	—0,636	I, IV	+20,0
	β	+0,915	—0,746		
	γ	+0,912	—0,791		
	δ	+0,930	—0,724		
		+0,977	—0,724		
83	α	+0,878	—0,736	II, III	+13,6
	β	+0,842	—0,573		
	γ	+0,556	—0,606		
	δ	+0,828	—0,500		
		+0,776	—0,604		
84	α	+0,762	—0,925	I, IV	+20,7
	β	+0,913	—0,588		
	γ	+0,768	—0,725		
	δ	+0,622	—0,837		
		+0,766	—0,768		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
84°	α	+0,646	—0,578	II, III	+14,6 R.
	β	+0,644	—0,548		
	γ	+0,353	—0,923		
	δ	+0,648	—0,609		
		+0,573	—0,664		
85	α	+0,806	—1,260	I, IV	+16,0
	β	+0,812	—1,081		
	γ	+0,940	—0,986		
	δ	+0,814	—1,005		
		+0,843	—1,083		
85	α	+0,539	—1,077	II, III	+19,3
	β	+0,534	—0,882		
	γ	+0,397	—0,823		
	δ	+0,627	—0,662		
		+0,524	—0,861		
86	α	+0,259	—0,756	II, III	+18,1
	β	+0,248	—0,664		
	γ	+0,353	—0,671		
	δ	+0,485	—0,738		
		+0,336	—0,707		
87	α	+0,286	—0,611	II, III	+17,7
	β	+0,262	—0,657		
	γ	+0,235	—0,880		
	δ	+0,343	—0,432		
		+0,281	—0,645		
88	α	+0,221	—0,185	II, III	+16,0
	β	+0,358	—0,244		
	γ	+0,390	—0,157		
	δ	+0,441	—0,034		
		+0,352	—0,155		
89	α	+0,382	—0,302	II, III	+20,1
	β	+0,427	—0,285		
	γ	+0,275	—0,309		
	δ	+0,315	—0,300		
		+0,349	—0,299		
90	α	+0,406	—0,406	I, II, III, IV	+18,6
	β	+0,535	—0,535		
	γ	+0,188	—0,188		
	δ	+0,388	—0,388		
		+0,379	—0,379		

Bogen.		Erster Durchmesser.	Zweiter Durchmesser.	Angewandte Mikroskope.	Temperatur.
90°	α	+0″,375	—0″,375	I, II, III, IV	+20°,3
	β	+0,454	—0,454		
	γ	+0,434	—0,434		
	δ	+0,365	—0,365		
		+0,407	—0,407		
90	α	+0,500	—0,500	I, II, III, IV	+16,6
	β	+0,480	—0,480		
	γ	+0,280	—0,280		
	δ	+0,324	—0,324		
		+0,396	—0,396		

Aus den Abweichungen der einzelnen Werthe von α, β, γ und δ von den resp. Mittelwerthen findet man den w. F. einer dieser Quantitäten

$$\pm 0''{,}076.$$

Der w. F. eines Mittels würde also sein

$$\pm 0''{,}038.$$

Vergleichen wir aber die mit Benutzung verschiedener Mikroskope gefundenen Correctionen derselben Gruppe, so sehen wir, dass wenigstens in einer Gegend des Kreises systematische Abweichungen vorkommen, so lange man nur jeden Durchmesser für sich betrachtet, dass aber diese Abweichungen fast vollständig verschwinden, wenn man das Mittel aus beiden Durchmessern nimmt, d. h. wenn man die Correction für die Ablesung aller 4 Mikroskope bildet. Diese Abweichungen bei den einzelnen Durchmessern für die Bogen 80° — 85° haben für mich nichts Ueberraschendes. Dass die Messungen das eine Mal direct, d. h. mit den Mikroskopen auf die resp. Entfernungen gestellt, das andere Mal mit Benutzung der Gruppe des 45°-Bogens als Zwischenstation ausgeführt wurden, würde kaum merkbare systematische Abweichungen hineinbringen können, da die Lage der 45°-Gruppe, wie man sieht, sehr scharf bestimmt ist. Dagegen liess mich der erweiterte Durchschnitt des festen Mikroskopenrahmens an der Stelle, wo das eine Hülfsmikroskop beim directen Messen der grössten Winkel befestigt war, schon während der Operation vermuthen, dass die Neigung dieses Mikroskops gegen den Kreis dabei eine andere, und wahrscheinlich eine mehr fehlerhafte gewesen ist. Es ist daher anzunehmen, dass diese Abweichungen jener Art sind, wie sie oben durch *a*), *b*), *c*) bezeichnet wurden, die ja auch, für unseren Kreis, was den einzelnen Durchmesser betrifft, bis zu recht bedeutenden Werthen steigen können, aber aus den mittleren Correctionen der beiden Durchmesser sehr nahe verschwinden müssen. Da die Controllmessungen für das Mittel der beiden Durchmesser fast immer Correctionen gaben, die bis auf minimale Quantitäten identisch mit den zuerst gefundenen waren, so habe

ich diese Messungen nicht weiter ausgedehnt. Für so weit wiederholte Messungen in andern Stellungen der Hülfsmikroskope ausgeführt wurden, scheinen auch die Correctionen der einzelnen Durchmesser nicht von der Wahl des einen oder des andern Mikroskopenpaares beeinflusst worden zu sein.

Indem wir für die doppelt und mehrfach gemessenen Bogen das Mittel der gefundenen Correctionen nehmen und, um alles auf denselben Ausgangspunkt bezogen zu haben, an alle unter «Zweiter Durchmesser» angeführten Mittel die gemeinschaftliche Correction von +0″394 hinzufügen, bekommen wir folgende für den fingirten Minutenstrich 31′ gültige

TABELLE II.

Correctionstafel, wenn die Mikroskope I und IV abgelesen werden.

Ablesung.		Correction.	Ablesung.		Correction.
31° 31′	211° 31′	0″000	56° 31′	236° 31′	+0″598
32	212	—0,125	57	237	+0,535
33	213	—0,054	58	238	+0,702
34	214	+0,002	59	239	+0,531
35	215	+0,035	60	240	+0,734
36	216	—0,013	61	241	+0,683
37	217	+0,181	62	242	+0,855
38	218	+0,131	63	243	+0,783
39	219	—0,207	64	244	+0,926
40	220	—0,084	65	245	+0,906
41	221	—0,148	66	246	+0,769
42	222	—0,354	67	247	+0,670
43	223	—0,287	68	248	+0,891
44	224	—0,168	69	249	+0,880
45	225	+0,019	70	250	+0,801
46	226	+0,380	71	251	+0,840
47	227	+0,489	72	252	+0,972
48	228	+0,502	73	253	+1,029
49	229	+0,410	74	254	+1,237
50	230	+0,655	75	255	+1,333
51	231	+0,631	76	256	+1,312
52	232	+0,385	77	257	+1,211
53	233	+0,325	78	258	+1,306
54	234	+0,341	79	259	+1,271
55	235	+0,410	80	260	+1,312

Ablesung.		Correction.	Ablesung.		Correction.
81° 31′	261° 31′	+1″,332	121° 31′	301° 31′	+0″,394
82	262	+1,570	122	302	+0,073
83	263	+1,574	123	303	+0,308
84	264	+1,504	124	304	+0,214
85	265	+1,428	125	305	+0,205
86	266	+1,245	126	306	+0,097
87	267	+1,206	127	307	—0,140
88	268	+1,202	128	308	—0,074
89	269	+1,146	129	309	—0,052
90	270	+0,987	130	310	—0,153
91	271	+0,777	131	311	—0,141
92	272	+0,655	132	312	—0,054
93	273	+0,949	133	313	+0,097
94	274	+1,121	134	314	—0,022
95	275	+0,959	135	315	—0,022
96	276	+0,764	136	316	+0,133
97	277	+0,754	137	317	+0,149
98	278	+0,667	138	318	+0,251
99	279	+0,967	139	319	+0,118
100	280	+1,219	140	320	—0,249
101	281	+1,237	141	321	—0,208
102	282	+1,228	142	322	—0,150
103	283	+1,362	143	323	+0,117
104	284	+1,350	144	324	—0,360
105	285	+1,273	145	325	—0,505
106	286	+1,048	146	326	—0,386
107	287	+1,007	147	327	—0,498
108	288	+1,190	148	328	—0,779
109	289	+1,008	149	329	—0,867
110	290	+0,973	150	330	—0,892
111	291	+1,104	151	331	—0,977
112	292	+1,101	152	332	—0,757
113	293	+1,043	153	333	—0,504
114	294	+0,877	154	334	—0,572
115	295	+0,670	155	335	—0,339
116	296	+0,684	156	336	—0,453
117	297	+0,336	157	337	—0,720
118	298	+0,281	158	338	—0,661
119	299	+0,352	159	339	—0,957
120	300	+0,349	160	340	—0,788

Ablesung.		Correction.	Ablesung.		Correction.
161° 31′	341° 31′	—0,737	186° 31′	6° 31′	—0,158
162	342	—0,529	187	7	—0,497
163	343	—0,410	188	8	—0,451
164	344	—0,470	189	9	—0,389
165	345	—0,213	190	10	—0,269
166	346	—0,237	191	11	—0,157
167	347	—0,504	192	12	—0,252
168	348	—0,381	193	13	—0,069
169	349	—0,392	194	14	—0,444
170	350	—0,331	195	15	—0,529
171	351	—0,482	196	16	—0,555
172	352	—0,140	197	17	—0,396
173	353	—0,144	198	18	—0,519
174	354	—0,135	199	19	—0,674
175	355	—0,248	200	20	—0,833
176	356	—0,387	201	21	—0,711
177	357	—0,213	202	22	—0,531
178	358	—0,169	203	23	—0,167
179	359	—0,462	204	24	—0,270
180	360	—0,534	205	25	—0,322
181	1	—0,412	206	26	—0,578
182	2	—0,366	207	27	—0,313
183	3	—0,472	208	28	—0,251
184	4	—0,538	209	29	+0,239
185	5	—0,341	210	30	+0,095
			211	31	0,000

Nach Hinzufügung einer Constante um die Summe aller Correctionen nahe gleich Null zu machen, ergiebt sich hieraus folgende definitive

TABELLE III.

Correctionstafel, wenn alle 4 Mikroskope abgelesen werden.

Ablesung.				Correction.
0° 31′	90° 31′	180° 31′	270° 31′	+0,01
1	91	181	271	—0,03
2	92	182	272	—0,07
3	93	183	273	+0,02
4	94	184	274	+0,08

Ablesung.				Correction.
5° 31′	95° 31′	185° 31′	275° 31′	+0″,09
6	96	186	276	+0,09
7	97	187	277	—0,09
8	98	188	278	—0,11
9	99	189	279	+0,07
10	100	190	280	+0,26
11	101	191	281	+0,33
12	102	192	282	+0,27
13	103	193	283	+0,43
14	104	194	284	+0,24
15	105	195	285	+0,16
16	106	196	286	+0,03
17	107	197	287	+0,09
18	108	198	288	+0,12
19	109	199	289	—0,05
20	110	200	290	—0,14
21	111	201	291	—0,02
22	112	202	292	+0,07
23	113	203	293	+0,22
24	114	204	294	+0,09
25	115	205	295	—0,04
26	116	206	296	—0,16
27	117	207	297	—0,20
28	118	208	298	—0,20
29	119	209	299	+0,08
30	120	210	300	+0,01
31	121	211	301	—0,02
32	122	212	302	—0,24
33	123	213	303	—0,09
34	124	214	304	—0,11
35	125	215	305	—0,10
36	126	216	306	—0,17
37	127	217	307	—0,19
38	128	218	308	—0,19
39	129	219	309	—0,34
40	130	220	310	—0,33
41	131	221	311	—0,36
42	132	222	312	—0,42
43	133	223	313	—0,31
44	134	224	314	—0,31

Ablesung.				Correction.
45° 31′	135° 31′	225° 31′	315° 31′	—0,22
46	136	226	316	+0,04
47	137	227	317	+0,11
48	138	228	318	+0,16
49	139	229	319	+0,05
50	140	230	320	—0,01
51	141	231	321	0,00
52	142	232	322	—0,10
53	143	233	323	+0,01
54	144	234	324	—0,22
55	145	235	325	—0,26
56	146	236	326	—0,11
57	147	237	327	—0,20
58	148	238	328	—0,25
59	149	239	329	—0,38
60	150	240	330	—0,29
61	151	241	331	—0,36
62	152	242	332	—0,17
63	153	243	333	—0,08
64	154	244	334	—0,04
65	155	245	335	+0,07
66	156	246	336	—0,06
67	157	247	337	—0,24
68	158	248	338	—0,10
69	159	249	339	—0,25
70	160	250	340	—0,21
71	161	251	341	—0,16
72	162	252	342	+0,01
73	163	253	343	+0,10
74	164	254	344	+0,17
75	165	255	345	+0,35
76	166	256	346	+0,33
77	167	257	347	+0,14
78	168	258	348	+0,25
79	169	259	349	+0,22
80	170	260	350	+0,28
81	171	261	351	+0,21
82	172	262	352	+0,50
83	173	263	353	+0,50
84	174	264	354	+0,47

Ablesung.				Correction.
85° 31′	175° 31′	265° 31′	355° 31′	+0″,38
86	176	266	356	+0,21
87	177	267	357	+0,28
88	178	268	358	+0,30
89	179	269	359	+0,13
90	180	270	360	+0,01

Da die unter «Erster Durchmesser» und «Zweiter Durchmesser» denselben Bogen entsprechenden Correctionen der Tafel I nicht von einander unabhängig sind, indem sie beide, wie man Seite 5 sieht, auf demselben angenommenen Winkelwerth W des Messapparates beruhen, so kann der w. F. einer in der Tafel III gegebenen Correction nicht direct aus dem w. F. einer aus der Tafel II genommenen Correction abgeleitet werden. Ich habe deshalb für beide Durchmesser gemeinschaftliche Mittelwerthe von α, β ... gebildet und aus den Abweichungen dieser Mittelwerthe von den in der Tafel III gegebenen Correctionen, wie diese vor dem Hinzufügen der gemeinschaftlichen Constante waren, den gesuchten w. F. berechnet. Dieser wurde dann $= \pm$ 0″,030 gefunden. In Wirklichkeit ist aber die durchschnittliche Sicherheit der Correctionen dieser Tafel grösser als dieser w. F. andeutet, erstens weil die Theilungsfehler innerhalb der untersuchten Gruppe noch in diesem Werth 0″,030 stecken, zweitens weil der unvermeidliche Fehler in unserer Kenntniss von der Correction der Grenzstriche zwischen den Vergleichsbogen die einzelne Correction, z. B. α, ebenso viel zu gross wie er die benachbarte Correction β zu klein macht, ohne dass dieser Fehler auf das Mittel $\frac{\alpha + \beta}{2}$ irgend welchen Einfluss hat.

Wir können aber auch den w. F. einer dieser Tafel entnommenen Correction aus den wiederholten Messungen derselben Bogen ermitteln. Aus der Tafel I bekommen wir folgende Correctionen für die Ablesung aller 4 Mikroskope:

Bogen.	Angewandte Mikroskope. I, IV.	II, III.	I, IV — II, III.
1°	0″,000	—0″,053	+0″,053
10	(directe Messung)	—0,126	
10	(durch den 45°-Bogen)	—0,163	
22	+0,239	+0,203	+0,036
45	+0,517	+0,555	—0,038
45	+0,531	+0,555	—0,024
45	+0,530	+0,537	—0,007
68	+0,275	+0,303	—0,028
80	+0,210	+0,184	+0,026
81	+0,304	+0,266	+0,038
82	+0,499	+0,377	+0,122
83	+0,325	+0,283	+0,042

Bogen.	Angewandte Mikroskope. I, IV.	II, III.	I, IV — II, III.
84°	+0″,196	+0″,152	+0″,044
85	+0,077	+0,029	+0,048
90	+0″,379		
90	+0,407		
90	+0,396		

Wollten wir die hier auftretenden Abweichungen alle als zufällige betrachten, so würde der w. F. einer auf einer vollständigen Messung beruhenden Correction

$$\pm\ 0''{,}021$$

sein, oder wenn wir die Messungen der Bogen 45° und 90°, wo die Resultate weniger Fehlerquellen als sonst ausgesetzt sind, ausschliessen

$$\pm\ 0''{,}026.$$

Wie unbedeutend aber diese Abweichungen auch sind, offenbar steckt doch noch etwas Systematisches darin, wenigstens in den Messungen der Bogen 80°—85°. Es muss dann hier daran erinnert werden, dass die unter Mikroskop II, III angeführten Correctionen der genannten Bogen alle von der Correction des Bogens 45° abhängen; wenn diese um ein paar Hundertstel Sekunden vergrössert würde, würden gleichzeitig auch die andern Correctionen um ebenso viel vergrössert werden und die Differenzen fast vollständig verschwinden. Unter Hinweis darauf, dass bei der Berechnung des w. F. einer Correction hier keine Rücksicht auf die noch vorhandene Unsicherheit der Correction des 45°-Bogens genommen wurde, kann man den Schluss ziehen, dass der im gewöhnlichen Sinne aufgefasste w. F. der in der Tafel III gegebenen Correctionen im allgemeinen nicht $\pm$ 0″,025 übersteigt.

Die durchschnittliche Sicherheit einer der Tafel III durch Interpolation entlehnten Correction würde sich nur annäherungsweise berechnen lassen. Wenn man z. B. für jeden Grad, statt der durch Messung factisch gefundenen Correction, eine zwischen der vorangehenden und der nachfolgenden interpolirte bilden wollte, so würde die wahrscheinliche Abweichung dieser von dem durch die Messung wirklich gefundenen Werthe im Durchschnitt $\pm$ 0″,057 betragen. Dass man aber durch Interpolation zwischen zwei aufeinander folgenden Graden dem richtigen Werth der gesuchten Correctionen bedeutend näher als in jenem Falle kommen muss und dass der dabei zu befürchtende w. F. also erheblich kleiner als der vorher gefundene $\pm$ 0″,057 sein werde, liegt ja auf der Hand. In Anbetracht der geringen zufälligen Theilungsfehler der einzelnen Striche[1]), wird man deshalb der Wahrheit sehr nahe

1) Vergl. unten.

kommen, wenn man den w. F. — den zufälligen und den systematischen zusammen — einer aus der Tafel III interpolirten Correction als sehr nahe $= \pm 0''{,}05$ annimmt.

Der oben gefundene w. F. $\pm 0''{,}076$ einer der Quantitäten $\alpha, \beta, \ldots$, ist durch mehrere Fehlerquellen entstanden, nämlich:

Einstellungsfehler der Mikrometer beim Messen der untersuchten Bogen ..... ρ
Dieselben Fehler beim Messen der Vergleichsbogen..... τ
Unterschied in den bei der Correction der beiden Grenzstriche des Vergleichsbogens begangenen Fehlern..... σ
Nicht eliminirte Veränderungen des Messapparates während der etwa 40^m dauernden Messung..... υ
Zufällige Theilungsfehler des einen Endes des Bogens ..... ζ

Wir haben also

$$(0''{,}076)^2 = \rho^2 + \tau^2 + \sigma^2 + v^2 + \zeta^2.$$

Der w. F. einer mit 2 Mikroskopen ausgeführten einmaligen Messung eines Bogens ist $\pm 0''{,}115$, also

$$\rho = \pm \frac{0''{,}115}{\sqrt{8}} = \pm 0''{,}041$$

und

$$\tau = \pm \frac{0''{,}115}{\sqrt{16}} = \pm 0''{,}029.$$

Der w. F. einer aus der Tafel II interpolirten Correction würde sich nur hypothetisch bestimmen lassen, da, dem Anschein nach, systematische Fehler wenigstens stellenweise darin vorkommen. Da aber von dem Unterschied der an den beiden Grenzstrichen des Bogens begangenen Fehler nur der achte Theil in die Quantitäten $\alpha, \beta \ldots$ hineingeht, so kann σ schwerlich $0''{,}02$ übersteigen. Nehmen wir dann

$$\sigma = \pm 0''{,}02.$$

Als w. F. der Lage eines Striches in Bezug auf die angrenzenden Striche habe ich früher durch Vergleichung des Winkelwerthes einer grossen Zahl von $2'$-Intervallen mit dem gesetzlichen Werthe $120''$ die Zahl $\pm 0''{,}053$ gefunden. Aus einer neuen noch ausgedehnteren Reihe solcher Messungen ergab sich jetzt dafür $\pm 0''{,}061$. Nehmen wir also im Mittel dafür $\pm 0''057$, so haben wir

$$\zeta = \pm \frac{0''{,}057}{\sqrt{4}} = 0''{,}029$$

Dann haben wir die Gleichung:

$$(0''{,}076)^2 = (0''{,}041)^2 + (0''{,}029)^2 + (0''{,}029)^2 + (0''{,}02)^2 + v^2,$$

also

$$v = \pm\ 0''{,}045.$$

Aus Peters' mit Hülfe desselben Apparates an der alten Theilung vorgenommenen Messungen findet man die der Quantität v entsprechende Grösse

$$\pm\ \sqrt{(0''{,}077)^2 - (0''{,}028)^2}$$
$$= \pm\ 0''{,}072\ ^1),$$

wobei noch zu bemerken ist, dass bei ihm die Resultate auf Messungen von 5 Strichen beruhen, unsere $\alpha, \beta \ldots$ aber nur auf je 2 Strichen. Dieser bedeutende Unterschied an Sicherheit der einzelnen Messungen hat ohne Zweifel zum grossen Theil seinen Grund in den hier so rasch auf einander folgenden Messungen des zu bestimmenden Bogens und des Vergleichsbogens.

Wie oben gesagt wurde, ist beim Auftragen der neuen Theilung der Strich 28° 42′ als erster und 28° 44′ als letzter copirt worden. Hat eine kleine Verstellung des Kreises gegen den Mutterkreis im Laufe der auf die Theilung verwandten Zeit stattgefunden, so muss dann das Intervall 28° 42′—44′ Spuren davon zeigen. Dieselbe Wirkung würde natürlich eine kleine seitliche Verstellung des Reisstiftes haben. In der That zeigt sich auch hier die grösste Abweichung von 2′ die ich bei meinen Messungen constatirt habe, nämlich 120″,72. Der Einfluss davon wird noch durch den ungewöhnlich grossen Werth 120″,44 des angrenzenden Intervalles 28° 40′—42′ erhöht. Diese Theilungsfehler zeigen auch in der Tafel II ihre Wirkung, indem zwischen den Correctionen für 28° 31′ und 29° 31′ der grösste Sprung in der ganzen Tafel stattfindet. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Correctionen für 118° 31′ und 119° 31′ der Tafel II muss dann in der Tafel III die Interpolation zwischen 28° 31′ und 29° 31′ folgendermaassen geschehen:

	Correction.
28° 31′	— 0″,20
28 40	— 0,19
28 42	— 0,10
28 44	+ 0,05
29 31	+ 0,08

Um alle auf die Theilung des Verticalkreises bezügliche Correctionstafeln an einer Stelle gesammelt zu haben, reproducire ich hier aus dem Aufsatz «Polhöhenbestimmungen mit dem Ertel-Repsold'schen Verticalkreise» (Bull. de l'Acad. T. VI) noch die gemessenen Winkelwerthe derjenigen 2′-Intervalle, die bei Polarsternbeobachtungen um die jetzige Epoche herum zur Anwendung kommen.

1) Vergl. Peters «Untersuchung etc.» S. 192.

Index des Einstellungskreises.		Mikroskop I.	Mikroskop II.	Mikroskop III.	Mikroskop IV.
28°	52′— 54′	120″,017	119″,870	119″,911	119″,994
	54 — 56	119,923	119,931	120,165	119,925
	56 — 58	120,137	120,111	119,937	119,902
	58 — 60	119,917	119,793	119,930	120,032
331	0 — 2	120,115	119,804	119,808	120,067
	2 — 4	120,002	120,279	120,124	119,854
	4 — 6	119,974	119,934	120,143	120,014
	6 — 8	119,911	120,272	120,021	120,097
31	28 — 30	119,998	120,006	119,812	120,105
	30 — 32	120,162	120,000	119,939	119,915
	32 — 34	120,017	119,875	119,932	120,117
	34 — 36	119,837	120,134	119,811	119,991
328	24 — 26	120,065	119,898	120,276	120,226
	26 — 28	119,881	120,074	120,050	119,960
	28 — 30	119,934	119,974	120,077	120,012
	30 — 32	119,871	120,072	119,876	119,874

Der w. F. eines einzelnen dieser Werthe ist im Mittel $\pm$ 0″,031.

Zur Bestimmung des Winkels zwischen den Strichen, die bei den fraglichen Beobachtungen vor und nach der Umlegung des Instrumentes unter denselben Mikroskopen abgelesen werden, sind auch, ungefähr in der oben ausführlich beschriebenen Weise, für die Beobachtungen in oberer Culmination die Striche 28° 56′ und 331° 4′, für die Beobachtungen in unterer Culmination 31° 32′ und 328° 28′ nebst den entsprechenden Strichen in den andern Quadranten mit einander scharf verbunden. Dabei fand sich im Mittel:

$$28^\circ\ 56' - 331^\circ\ 4' = 57^\circ\ 52'\ 0''{,}369 \pm 0''{,}006$$
$$31\ 32 - 328\ 28 = 63\ 4\ 0{,}248 \pm 0{,}006$$

Die auf die Striche 28° 56′ und 331° 4′ bezogenen Zenithdistanzen erfordern also die Correction

$$+ 0''{,}185,$$

die auf 31° 32′ und 328° 28′ bezogenen, die Correction

$$+ 0''{,}124.$$

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 3.

ÜBER

DIE ABSORPTIONSCOEFFICIENTEN DER KOHLENSÄURE

IN DEN

ZU DIESEM GASE INDIFFERENTEN SALZLÖSUNGEN.

VON

J. Setschenow.

Mit 1 Tafel.

(*Présenté à l'Académie le 7 janvier 1886.*)

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:
à St.-Pétersbourg: MM. Eggers & Cie et J. Glasounof; à Riga: M. N. Kymmel; à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel.)
Prix: 35 K. = 1 Mark 20 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 3.

ÜBER DIE ABSORPTIONSCOEFFICIENTEN DER KOHLENSÄURE IN DEN ZU DIESEM GASE INDIFFERENTEN SALZLÖSUNGEN.

VON

J. Setschenow.

Mit 1 Tafel.

(*Présenté à l'Académie le 7 janvier 1886.*)

164052

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:
à St.-Pétersbourg: MM. Eggers & Cie et J. Glasounof;
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel.)

Prix: 35 K. = 1 Mark 20 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Mars, 1886. C. Vesselofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimérie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Meine früheren Versuche[1]) mit der Absorption von CO_2 durch die zu diesem Gase indifferenten Salzlösungen haben im Allgemeinen ergeben: 1) dass die Absorption innerhalb einer $^1/_4$-Atmosphäre annähernd (bis zur 3. Decimale in den Absorptionscoefficienten) nach dem Dalton'schen Gesetze geschieht; 2) dass bei gleichen Basen die Nitrate von dem Gase am meisten und die Sulfate am wenigsten aufnehmen, während die Chloride in der Mitte zwischen beiden stehen; 3) dass bei gleichen Säuren die Ammoniumsalze sich durch das höchste Absorptionsvermögen auszeichnen. Diese alten, an verschiedenen Salzen bei einzelnen zufälligen Concentrationen der Lösungen erhaltenen Resultate bewogen mich im verflossenen Jahre das sub 2) angedeutete Verhältniss der Nitrate, Chloride und Sulfate nicht an vielen Salzen, dafür aber systematisch zu verfolgen. Dementsprechend wurden einerseits zum Vergleich nur drei Salze, NaCl, $NaNo_3$ und Na_2SO_4 (letzteres im entwässerten Zustande) gewählt, andererseits die Vergleichung unter verschiedenen Bedingungen der Verdünnung ihrer Lösungen vorgenommen. In der 1. Versuchsreihe kamen auf gleiche Salzmengen (nach Gewicht) in einem bestimmten Verhältniss anwachsende Volumina Wasser; in der 2. bestand die Verdünnung in einer bestimmten Vergrösserung des anfänglichen Volumens der Salzlösung. Bei Verdünnungen ersterer Art wurden natürlich die Contractionen der Flüssigkeiten mit in Betracht gezogen. Da ferner die Absorptionsgrössen von der Temperatur der Flüssigkeit abhängen, mussten die Beobachtungen wenigstens bei zwei nicht weit von einander abstehenden Temperaturen angestellt werden. Endlich waren in beiden Fällen starke Verdünnungen überhaupt zu vermeiden, weil die sichere Schätzung der nach meiner Methode[2]) erhaltenen Coefficienten nur bis zur 3. Decimale reicht.

Diesem Plane gemäss wurden für die erste Verdünnungsart, bei zwei verschiedenen Temperaturen (15°2 C. und 18°38 C.), je sechs Absorptionsversuche mit jedem Salze, und zwar bei ein-, zwei- und vierfacher Verdünnung angestellt. Im Ganzen erhielt ich somit 18 Absorptionscoëfficienten.

---

1) Mém. de l'Ac. de St.-Pétersb., XXII.

2) Die Beschreibung der Methode halte ich hier für überflüssig, weil dieselbe in meinem russisch abgefassten Werke «О поглощеніи угольной кислоты соляными растворами и кровью» umständlich beschrieben ist.

Um die auf diese We se erhaltenen Resultate zu verwerthen, versuchte ich die nach Bunsen ausgerechneten Coefficienten mit den entsprechenden Grössen eines ideellen Falles zu vergleichen, in welchem die anfängliche Salzlösung und das dieselbe verdünnende Wasser gar nicht auf einander wirken und das Gas nach ihren eigenen Coefficienten entsprechend ihren Mengen in Gemischen absorbiren. Es war leicht vorauszusehen, dass die ideellen Coefficienten überhaupt ein rascheres Ansteigen als die wirklich beobachteten zeigen werden, weil ja die diluirenden Wassermengen nach der gemachten Voraussetzung frei sind. Es war ferner zu erwarten, dass der Unterschied in dem Gange beider Coefficienten anfangs, d. h. für die concentrirteren Lösungen, prägnanter wird, weil beide mit fortschreitender Verdünnung der Salzlösung doch zu einer und derselben Grenze, nämlich zu dem Absorptionscoefficienten der CO_2 in reinem Wasser für die Temperatur des Versuches, sich nähern. Letzterer Umstand liess endlich vermuthen, dass, bei gegebener Feinheit der Beobachtungsmethode, für jede stetig diluirte Salzlösung ein bestimmter Punkt existirt, von welchem an die beiden Coefficienten, natürlich nur scheinbar, zusammenfallen. Die Bestimmung dieses Punktes ist für jedes Salz insofern wichtig, als man aus einem mehr oder weniger raschen Eintreten desselben auf ein mehr oder weniger rasches Eintreten desjenigen Zustandes des Salzes in der Lösung schliessen kann, bei welchem ersteres so gut wie gar keine Wirkung mehr auf das diluirende Wasser ausübt. Uebrigens galten diese Erwartungen nur so lange, als das Wasser das Salz nicht zersetzt, in welchem Falle der Erfolg verschieden ausfallen kann, je nachdem die Zersetzungsprodukte die CO_2 stärker oder schwächer als das reine Wasser absorbiren.

Nun lasse ich die Zahlen folgen, durch welche alle diese Erwartungen sich bestätigt haben.

Für alle drei gewählte Salze entsprach die erste stärkste Concentration: 45,96 gr. Salz + 350 Ccm. Wasser bei 15—16° C.

1. Concentration.

	Salz in Grm.	Wasser.	Aequival. Volum.
50 Ccm. NaCl -Lösung enth.	6,280	47,8 Ccm.	50
» » Na_2SO_4 » »	6,437	49,02 »	48,75
» » $NaNO_3$ » »	6,270	47,77 »	50,8

2. Concentration.

für NaCl:	50 Ccm. 1. Conc.	+ 47,8 Ccm. Wasser	= 96,9 Ccm. Lös.	48,45
» Na_2SO_4:	» » »	+ 49,02 » »	= 99,0 » »	47,27
» $NaNO_3$:	» » »	+ 47,77 » »	= 97,5 » »	50,15

4. Concentration.

für NaCl:	50 Ccm. 1. Conc.	+ 47,8 .3 Ccm. Wasser	= 191,5 Ccm. Lös.	47,9
» Na_2SO_4:	» » »	+ 49,02.3 » »	= 197,0 » »	48,00
» $NaNO_3$:	» » »	+ 47,77.3 » »	= 196 » »	50,0

Will man somit die Gasabsorption nur auf gleiche Verdünnungsgrade beziehen, so können für die unter einander zu vergleichenden Versuche überall gleiche Volumina der Flüssigkeiten genommen werden. Will man aber auch die absoluten Salzmengen, d. h. ihre Gleichheit, in den Lösungen in Betracht ziehen, so müssten die zu vergleichenden Absorptionsgrössen auf Flüssigkeitsvolumina berechnet werden, welche sich wie die Zahlen der letzten Spalte verhalten. Aus Gründen, welche dem Leser im Weiteren klar werden, führe ich die Zusammenstellung der Versuche nur in der ersten Richtung aus. Die in Ccm. (bei 0° und 1000 Mm. Druck gemessen) angegebenen und auf 100 Ccm. Lösung bezogenen Absorptionsgrössen, nebst den theoretisch berechneten, welche daneben eingeklammert stehen, sind in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

			Absorptionsgrössen.		
№	Verdünn.	t	NaCl	Na_2SO_4	$NaNO_3$
1	1	15°2 C.	60,6	47,2	74,7
2		18,38 »	55,0	47,0	69,3
3	2	15,2 »	77,6 (80,6)	71,1 (73,3)	87,6 (87,3)
4		18,38 »	70,5 (72,77)	66,0 (68,3)	79,8 (79,62)
5	4	15,2 »	88,5 (89,13)	85,0 (85,5)	94,6 (93,2) [1]
6		18,38 »	80,7 (80,55)	77,1 (78,03)	87,0 (84,4)

Das Zurückbleiben der beobachteten Absorptionsgrössen gegen die theoretischen ist für NaCl und Na_2SO_4 bis zur 4-fachen Verdünnung augenscheinlich; auch ist für beide Salze der Punkt des Zusammenfallens bei der 4-fachen Verdünnung so gut wie erreicht. Die Frage hingegen, für welches von beiden Salzen dieses eher eintritt, bleibt unentschieden. Die Erscheinungen am $NaNO_3$ sind im Gegentheil von Anfang an unzweideutig und zugleich überraschend. Hier entspricht der Punkt des Zusammenfallens schon der zweifachen Verdünnung, und von hier an wachsen die beobachteten Absorptionsgrössen rascher als die berechneten an; — als wäre die Verdünnung des Chilisalpeters mit einer Zersetzung des Salzes verbunden, nebst Bildung solcher Producte, welche die Kohlensäure stärker als reines Wasser absorbiren.

Weitere Schritte in der Verfolgung unserer Aufgabe waren in folgenden allgemeinen Betrachtungen zu suchen. Zu den Gründen, welche das Anwachsen der Absorptionscoefficienten bedingen, gehören offenbar folgende drei in allen unseren Versuchen unmittelbar gegebene Momente: das mechanische Auseinanderrücken der Salztheilchen (ihre Vertheilung auf stetig zunehmende Flüssigkeitsvolumina) und eine gewisse Anziehung zwischen dem Salze und dem Wasser, als Verdünnungsmittel, einerseits und zwischen dem Wasser und CO_2 andererseits. Will man somit in der Aufklärung dieser Verhältnisse überhaupt einen Schritt weiter machen, so muss man Mittel finden diesen oder jenen Factor constant zu halten

1) Die theoretischen Absorptionsgrössen der letzten Concentration sind natürlich aus den Coefficienten der zweifach verdünnten Lösungen berechnet.

und die übrigen auf eine bestimmte Weise variiren zu können, gleichviel ob die Erscheinung nur von den genannten drei oder noch von anderen Momenten abhängig ist. Ersetzt man z. B. das Wasser, als Verdünnungsmittel, durch eine andere Flüssigkeit mit bekanntem Absorptionscoefficienten für CO_2, so kann leicht der Moment des mechanischen Auseinanderrückens der Salztheilchen gleich dem früheren gehalten werden. Oder mischt man das Salz mit dem neuen Verdünnungsmittel in anderen Verhältnissen als früher zusammen, z. B. so, dass das Verhältniss der neuen und der alten Absorptionsgrössen zu den zugehörigen Absorptionscoefficienten beider Verdünnungsmittel unverändert bliebe, so könnte hieraus möglicherweise der Antheil der Anziehungen zwischen dem Gase und dem Verdünnungsmittel abgeleitet werden. Zunächst blieb ich bei der ersten Variation der Verhältnisse stehen. Als Ersatzmittel für das Wasser wurde eine $NaNO_3$-Lösung mit dem Absorptionscoefficienten $= 0{,}761$ (für $t = 15{,}2$ C.) und als das zu lösende Salz NaCl genommen, weil beide Salze für das erste Verdünnungsintervall gleiche Contractionen der Volumina zeigen.

Das 1. Gemisch entsprach : 6,28 gr. NaCl + 50 Ccm. $NaNO_3$-Lösung = 51,5 Ccm.
» 2. » » : 3,14 » » + » » » » = 50,7 »
» 3. » » : 1,57 » » + » » » » = 50,2 »

Absorptionsversuche mit diesen Flüssigkeiten bei 15,2° C. ergaben der Reihe nach folgende Absorptionscoefficienten:

0,466; 0,582 und 0,654.

Da die $NaNO_3$-Lösung mit seinem Coefficienten 0,761 in diesen Versuchen dieselbe Rolle wie das Wasser mit seinem Coefficienten 1,00[1]) in den oben angeführten Versuchen 1—6 spielt, so mussten natürlich die neu erhaltenen Zahlen mit den entsprechenden Grössen für NaCl + Wasser verglichen werden. Die Zusammenstellung ergab sogleich, dass erstere sich zu den letzteren annähernd so verhalten, wie die Absorptionscoefficienten der zugehörigen Verdünnungsmittel. Man hat mit anderen Worten für die Coefficienten der Gemische von NaCl mit $NaNO_3$ entweder die Gleichungen:

$$\frac{y_1}{0{,}606} = \frac{0{,}761}{1};\ \frac{y_2}{0{,}776} = \frac{0{,}761}{1};\ \frac{y_4}{0{,}885} = \frac{0{,}761}{1};$$

oder, — wenn man die Volumenänderung der $NaNO_3$-Lösung in Folge der NaCl-Zusätze in Betracht zieht, — die Gleichungen:

$$\frac{y_1 . 51{,}5}{0{,}606 . 50} = \frac{0{,}761}{1};\ \text{woher}\ y_1 = 0{,}447$$

$$\frac{y_2 . 50{,}7}{0{,}776 . 50} = \frac{0{,}761}{1};\ \text{woher}\ y_2 = 0{,}582$$

$$\frac{y_4 . 50{,}2}{0{,}885 . 50} = \frac{0{,}761}{1};\ \text{woher}\ y_4 = 0{,}669$$

1) Letztere Zahl ist meinen alten Versuchen entnommen.

Hält man, trotz einiger Abweichung dieser Zahlen von den beobachteten Coefficienten, an dem den soeben angeführten Gleichungen zu Grunde gelegten Gedanken dennoch fest, so eröffnet sich der Weg zu folgenden neuen Betrachtungen.

Ersetzt man in den Gemischen

6,28 gr. NaCl + 50 Cm. $NaNO_3$-Lösung
3,14 » » + » » » »
1,57 » » + » » » »

die verdünnende Flüssigkeit mit je 50 Ccm. NaCl-Lösung, in welcher der Reihe nach 6,28; 3,14 und 1,57 gr. NaCl enthalten sind (die Coefficienten dieser Lösungen sind aus den Versuchen 1—6 bekannt); so müssten, nach der Analogie mit dem Vorigen, für die Coefficienten der neuen Gemische (NaCl mit NaCl) folgende Gleichungen stattfinden:

$$\frac{y_1 . 51{,}5}{0{,}606 . 50} = \frac{0{,}606}{1}; \text{ woher } y_1 = \frac{0{,}606^2}{1} \cdot \frac{50}{51{,}5}$$

$$\frac{y_2 . 50{,}7}{0{,}776 . 50} = \frac{0{,}776}{1}; \text{ woher } y_2 = \frac{0{,}776^2}{1} \cdot \frac{50}{50{,}7}$$

$$\frac{y_4 . 50{,}2}{0{,}885 . 50} = \frac{0{,}885}{1}; \text{ woher } y_4 = \frac{0{,}885^2}{1} \cdot \frac{50}{50{,}2}$$

In dieser Reihe bietet jedes nachfolgende Glied in Bezug auf das vorhergehende den Coefficienten einer zweifach mit Wasser verdünnten Salzlösung; folglich könnte hierin möglicherweise der Schlüssel zur Aufstellung eines sehr einfachen Gesetzes für das Anwachsen der Absorptionscoefficienten in den Salzlösungen liegen, falls der Gedanke sich als richtig erwiesen hätte.

Letzteres liess sich glücklicherweise um so leichter zu prüfen, als die Versuche 1—6 ein fertiges Material hierfür boten. Will man jedoch das zu prüfende Verhältniss der Absorptionscoefficienten auf ein bestimmtes Verdünnungsverhältniss der Salzlösungen beziehen, so muss man bei der Berechnung den auf die Volumenänderung bezüglichen Factor fallen lassen. In der nächstfolgenden Tabelle findet man daher nebst den beobachteten Coefficienten, die nach der Formel $y_n = \frac{y_{2n}^2}{\alpha}$ berechneten angeführt. Für $t = 15°2$ C. ist α gleich 1,00; für $t = 18°38$ C. gleich 0,900 genommen worden.

	NaCl		Na_2SO_4		$NaNO_3$	
	y beobachtet.	y berechnet.	y beobachtet.	y berechnet.	y beobachtet.	y berechnet.
	0,606	0,602	0,472	0,505	0,747	0,767
15°2	0,776	0,783	0,711	0,722	0,876	0,894
	0,885		0,850		0,946	
	0,550	0,552	0,470	0,483	0,693	0,706
18°38	0,705	0,722	0,660	0,660	0,798	0,881
	0,807		0,771		0,870	

Hier fällt zunächst die Aehnlichkeit der Zahlen für NaCl und eine entschiedene Unähnlichkeit derselben für $NaNO_3$ in die Augen. Solcher Unterschied in dem Verhalten war übrigens aus dem Vorigen zu erwarten, inwiefern die frühere Zusammenstellung die Thatsache ergab, dass die Coefficienten von $NaNO_3$ viel rascher als diejenigen von NaCl anwachsen. Nebst diesem leicht verständlichen Unterschiede existirt übrigens in beiden Zahlenreihen eine gemeinsame Seite: die den stärkeren Concentrationen entsprechenden Zahlen scheinen einander näher als die der schwächeren zu stehen [dieses ist bei 18°,38 besonders stark ausgesprochen [1]]. Letzterer Umstand liess mich unwillkürlich daran denken, dass das in Rede stehende Verhältniss eigentlich an viel stärker concentrirten Lösungen geprüft werden muss, um so mehr als man alsdann mit viel grösserer Sicherheit entscheiden kann, ob das fragliche Gesetz nur für die bis jetzt geübte Verdünnungsart der Lösungen oder nur für die Verdoppelung ihrer Volumina gilt. Durch diesen Entschluss waren weitere Versuche am Na_2SO_4, wegen seiner geringeren Löslichkeit, ausgeschlossen. Zur Probe stellte ich zunächst Versuche am NaCl allein und zwar bei 12° C. an, um namentlich einen von 1 merklich abweichenden α zu haben. In drei ersten Versnchen war die Verdünnungsart die frühere (die Verdoppelung der Wassermenge). Die 1. Concentration entsprach: 55 gr. NaCl + 200 Ccm. Wasser = 218 Ccm. Lösung. Absorptionsversuche mit ein-, zwei- und vierfach verdünnten Lösungen ergaben als Coefficienten, der Reihe nach:

$$0{,}391\,;\ 0{,}615\,;\ 0{,}80$$

$$\frac{0{,}615^2}{1{,}1018} = 0{,}343 \text{ (anst. } 0{,}391); \quad \frac{0{,}8^2}{1{,}1018} = 0{,}580 \text{ (anst. } 0{,}615).$$

Hierauf versetzte ich die concentrirteste Lösung (mit dem Coefficienten 0,391) mit so viel Wasser, als es für die Verdoppelung des Volumens nöthig war, und stellte damit einen neuen Versuch an. Dieser ergab $y = 0{,}654$.

$$\frac{0{,}654^2}{1{,}1018} = 0{,}388$$

Nun war es klar: das Gesetz muss vorzugsweise nur für die concentrirteren Salzlösungen und nur für diejenige Verdünnungsweise gelten, bei welcher nicht die Menge des Wassers in der Lösung, sondern das Volumen der letzteren stetig verdoppelt wird.

Zwei neue Versuchsreihen mit NaCl- und $NaNO_3$-Lösungen bestätigten dies am augenscheinlichsten.

Als Volumen 1 diente mir in der 1. Versuchsreihe eine fast gesättigte NaCl-Lösung, welche in 50 Ccm. 15,78 gr. Salz und 44,20 gr. Wasser enthielt. In der 2. Versuchsreihe entsprach dem Volumen 1 eine für 15—16° C. gesättigte $NaNO_3$-Lösung, welche in 50 Ccm. 31,26 gr. Salz und 37,05 Wasser enthielt. Die Volumina verhielten sich in bei-

1) Auf die Zahlen der Na_2SO_4-Reihe gehe ich aus den in den späteren Mittheilungen anzuführenden Gründen jetzt nicht ein.

den Reihen wie die Zahlen 1; 1,5; 2, 3, 4, 5 und 6. Zu den Versuchen mit $NaNO_3$ wurde aus weiter anzuführenden Gründen noch das Volumen 7 zugegeben. Die erhaltenen Absorptionscoefficienten nebst den nach der Formel $y_n = \frac{2n^2}{\alpha}$ berechneten, sind tabellarisch zusammengestellt. Da die Absorption in jedem einzelnen Fal e bei zwei verschiedenen Druckhöhen beobachtet war, findet man in der Spalte der «beobacht. Coeff.» für jedes Volumen paarige Zahlen angegeben.

			NaCl-Reihe.					$NaNO_3$-Reihe.	
№	Volum.	t	beobacht. Coeff.	berechn. Coeff.	№	Volum.	t	beobacht. Coeff.	berechn. Coeff.
7	1	15°2	0,290 0,290	0,281	14	1	15°2	0,242 0,246	0,245
8	2	»	0,530 0,530	0,530	15	2	»	0,495 0,495	0,504
9	4	»	0,726 0,731		16	4	»	0,711 0,707	
10	1,5	»	0,422 0,422	0,410	17	1,5	»	0,386 0,384	0,385
11	3	»	0,640 0,640	0,643	18	3	»	0,621 0,620	0,632
12	6	»	0,800 0,804		19	6	»	0,795 0,796	
13	5	»	0,778 0,778		20	5	»	0,762 0,762	
					21	7	»	0,835 0,835	

Die Uebereinstimmung der Zahlen ist jetzt allerdings eine allgemeinere, aber für NaCl kaum eine grössere, als in der früheren Zusammenstellung. Die $NaNO_3$-Reihe bietet im Gegentheil nur eine einzige reelle Abweichung (Vers. 18) dar und diese ist glücklicherweise leicht zu erklären, wenn man bedenkt, dass die Zahl 0,632 aus dem Coefficienten der 6. Concentration erhalten ist, d. h. aus einer schon ziemlich stark diluirten Flüssigkeit, für welche wir im Vorigen ein in Bezug auf das Anwachsen der Coefficienten abweichendes Verhalten constatirt haben. Anders ist es mit zwei Zahlen für NaCl (Vers. 7 u. 10). Hier sind entweder zwei absorptiometrische Bestimmungen zu hoch (Vers. 7 u. 10), oder zwei andere (Vers. 2 u. 3) zu niedrig ausgefallen; oder weicht endlich das Anwachsen der NaCl-Coefficienten von dem in Rede stehenden Gesetze etwas ab. Um allen diesen Unklar-

heiten ein Ende zu machen, stellte ich mit $NaNO_3$ einen weiteren Absorptionsversuch bei Volumen 7 an und zeichnete hierauf für beide Salze Absorptionscurven, indem die Zahlenverhältnisse der Volumina als Abscissen und die entsprechenden Coefficienten als Ordinaten aufgetragen waren. Ein Blick auf die $NaNO_3$-Curve (siehe die Tafel) ist genügend um sich zu überzeugen, dass sie bis zur 6. Ordinate einen regelmässigen Verlauf zeigt, um hierauf einen plötzlichen Sprung nach oben zu machen; — ein Beweis, dass der Zustand des Salzes in der Nähe der sechsfachen Verdünnung ihrer Lösung eine für meine Methode merkliche Aenderung erfährt. Hiermit ist der Einwurf gegen die Zahlen der $NaNO_3$-Reihe beseitigt. Was die andere Curve anbelangt, so zeigt dieselbe erstens einen minder regelmässigen Verlauf an, zweitens sind ihre Unregelmässigkeiten symetrisch zu beiden Seisen von y_2 vertheilt. Wollte man z. B. die Curve nach dem Augenmass corrigiren, so könnte diese auf zweifache Weise bewerkstelligt werden: indem man alle jenseits y_2 liegenden Ordinaten erhöht (und zwar sehr stark!), oder y_2 selbst und alle diesseits von demselben liegenden Ordinaten etwas verkleinert. Die Unregelmässigkeiten sind mit anderen Worten derart, dass man in erster Linie die Richtigkeit der Zahlen für die Coefficienten anzweifeln kann.

Ueber diesen wichtigen Punkt bin ich jedoch sehr leicht ins Klare gekommen. Zu dem Ende bestimmte ich an einer bei $x_1 = 100$ Mm. und $\alpha = 100$ Mm. gezeichneten NaCl-Curve die Abscissenlängen, welche den Ordinaten gleich $\frac{\alpha}{2}$ und $\frac{2\alpha}{3}$ entsprechen, und erhielt für die erste Grösse 188 Mm. und für die zweite 320 Mm.; hierauf wurde das anfängliche Volumen 1 (d. h. 100 Ccm. der concentrirtesten Lösung) mit so viel Wasser versetzt, um es in die Volumina 188 und 320 umzuwandeln. Im ersten Falle musste der Coefficient gleich 0,500, im zweiten gleich 0,666 erhalten werden; ersterer entsprach der Curvenstrecke zwischen y_1 und y_2, letzterer derjenigen zwischen y_3 und y_4. Die erhaltenen Coefficienten waren:

0,499 und 0,665.

In derselben Absicht, d. h. als Verificationsversuch, wurde noch die Bestimmung bei 5-facher Verdünnung (Vers. 13) angestellt. Nach der Curve musste $y_5 > 0{,}760$ sein und der Versuch ergab $y_5 = 0{,}778$.

Es liegt also kein Grund vor, die beobachteten NaCl-Coefficienten anzuzweifeln. Einige derselben sind, wie wir unten sehen werden, allerdings fehlerhaft bestimmt, die Ungenauigkeiten fallen jedoch in die allgemeine Fehlergrenze der Methode. Was aber die weiteren Fragen anbelangt, ob namentlich die NaCl-Curve unserem Gesetze entspricht und wie sie alsdann zu corrigiren ist, — dies alles lässt sich am leichtesten auf mathematischem Wege beantworten, wenn man erst die Gleichung der Curve aufstellt, in welcher die den multiplen von zwei x-Werthen entsprechenden Ordinaten so anwachsen, dass jede nachfolgende ein geometrisches Mittel aus der vorhergehenden und einer Constante — in unserem Falle dem Absorptionscoefficienten der CO_2 im reinen Wasser für die Versuchstemperatur, — darstellt, zu welcher die anwachsenden Ordinaten sich mehr und mehr nähern, ohne dieselbe je zu erreichen.

Dem Sinne dieser Aufgabe nach: 1) muss die Curve für alle positiven Werthe von x, der Abcissenaxe die concave Seite zukehrend, continuirlich aufsteigen; 2) muss dieselbe in dem Anfangspunkte der Coordinaten ihren Anfang nehmen [weil in der Richtung zu dem letzteren hin die den abnehmenden x entsprechenden Ordinaten stets wie Quadrate echter Brüche abnehmen], d. h. für $x = 0$ muss $f(x)$ ebenfalls Null werden; 3) muss bei $x = \infty$, $y = f(x) = \alpha$, d. h. die Absorptionsgrösse dem Coefficienten der CO_2 im reinen Wasser entsprechen. Bedenkt man ferner, dass das in die Gleichung als Constante eingehende α kleiner und grösser wie 1, mithin auch $y > 1$ und $y < 1$ sein kann, muss die Gleichung auch dieser Bedingung genügen. Da ausserdem die Bedingung $y_n = \frac{y_{2n}^2}{\alpha}$ oder $y_{2n} = + \sqrt{\alpha y_n}$ zu erfüllen ist, so muss die Variable x in die Gleichung offenbar als Potenz und zwar als Nenner eines Bruches eingeführt werden, weil nur in diesem Falle $\frac{[\alpha f(2x)]^2}{\alpha}$ sich in die $\alpha f(x)$ umwandelt. Mithin könnte die gesuchte Function etwa die Form

$$y = \alpha\beta^{\frac{\gamma}{x}}$$

haben, in welcher etweder β oder γ durch eine beliebige Zahl ersetzt werden könnten. Thut man dies für β, was für die Rechnung bequemer ist, und setzt es gleich $e = 2{,}718\ldots$ (was für die Rechnung am allerbequemsten ist) oder überhaupt grösser wie 1, so muss γ mit negativem Vorzeichen genommen werden. Ersetzt man endlich γ durch k, so nimmt die gesuchte Formel folgende Gestalt:

$$y = \alpha e^{-\frac{k}{x}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 1)$$

an, in welcher α den Absorptionscoefficienten der CO_2 im reinen Wasser für die Temperatur des Versuches darstellt und k eine nach den Versuchsdatis zu bestimmende Constante ist. Diese Formel genügt allen oben aufgezählten Bedindungen mit Ausnahme einer einzigen. Nach den oben angeführten Versuchen bieten nämlich die Absorptionscurven beider Salze keine Inflexionspunkte in ihrem Verlaufe, indem beide von der ersten, den gesättigten Lösungen entsprechenden, Ordinate an (also nicht von dem eigentlichen Anfangspunkte der Curve!) der Abscissenaxe stets die concave Seite zukehrend aufsteigen. Die der Formel 1) entsprechende Curve besitzt hingegen einen solchen Punkt unweit von dem Coordinatenanfang. Das Vorzeichen des zweiten Differentialquotienten unserer Function

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\alpha k e^{-\frac{k}{x}}}{x^4}(k-2x)$$

bleibt nämlich für $x > \frac{k}{2}$ stets negativ um bei $x < \frac{k}{2}$ positiv zu werden. Diese Schwierigkeit lässt sich jedoch leicht umgehen, so wie $x_1 = 1$ genommen wird, weil man alsdann für beide Salze $\frac{k}{2} < 1$ erhält, folglich der Inflexionspunkt auf den Intervall zwischen dem An-

fangspunkte der Curve und der 1. durch Versuch bestimmbaren Ordinate, d. h. auf eine den Versuchen überhaupt unzugängliche Curvenstrecke, fällt.

Will man nun sich der Gleichung 1) zur Lösung der noch unentschiedenen Fragen bedienen; so ist in derselben $\alpha = 1$ zu setzen, wodurch die Formel die Gestalt

$$y = e^{-\frac{k}{x}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2)$$

annimmt.

1. Probe. Logarithmirt man die letzte Gleichung und bestimmt für beide Salze k nach dem 1. und nach dem 6. beobachteten Coefficienten, indem man für NaCl $\begin{matrix} x=1 & y_1=0{,}290 \\ x=6 & y_6=0{,}802 \end{matrix}$ und für $NaNO_3$ $\begin{matrix} x=1 & y_1=0{,}244 \\ x=6 & y_6=0{,}795 \end{matrix}$ setzt, so erhält man für

NaCl	$NaNO_3$
$k = 1{,}2378$	$k = 1{,}410$
$k = 1{,}3238$	$k = 1{,}376$

Geschähe das Anwachsen der Absorptionscoefficienten nach der Gleichung 2), so müsste k in jedem einzelnen Falle unverändert bleiben. Für $NaNO_3$ ist dieses noch so ziemlich der Fall; für NaCl hingegen ist die Abweichung so stark, dass man nach dieser ersten Probe zu urtheilen ein für die NaCl-Curve von der Gleichung 2) abweichendes Verhalten erwarten könnte. Zudem ist zu merken, dass das gegenseitige Verhältniss beider k in unseren Salzen gerade ein entgegengesetztes ist.

2. Probe. Benutzt man weiter die beiden Werthe von k zur Ausrechnung aller übrigen Ordinaten (indem man, für jedes k, x der Reihe nach gleich 1,2,3... setzt) und stellt die erhaltenen Zahlen mit den entsprechenden Beobachtungsgrössen zusammen; so erhält man für jedes Salz drei Zahlenreihen, welche ich tabellarisch und zwar so zusammenstelle, dass in der Mitte die Beobachtungsgrössen und zu beiden Seiten derselben die nach dem 1. und nach dem 6. Absorptionscoefficienten aus der Gleichung 2) berechneten Grössen stehen.

NaCl.

	Für $k = 1{,}2378$ berechn. Grösse.	Beobachtete Grösse.	Für $k = 1{,}3238$ berechn. Grösse.
y_1	0,290	0,290	0,266
y_2	0,5385	0,530	0,5159
y_3	0,6619	0,640	0,6432
y_4	0,7338	0,728	0,7183
y_5	0,7807	0,778	0,7676
y_6	0,8136	0,802	0,8020

$NaNO_3$

	$k = 1{,}410$.		$k = 1{,}376$.
y_1	0,244	0,244	0,252
y_2	0,4939	0,495	0,5024
y_3	0,6249	0,620	0,6320
y_4	0,7028	0,710	0,7088
y_5	0,7542	0,762	0,7593
y_6	0,7905	0,795	0,7950

In den Zahlenreihen für NaCl fällt zunächst folgendes in die Augen: 1) stimmen die mittelst des ersten Absorptionscoefficienten berechneten Grössen mit den beobachteten Werthen von y viel besser als die nach dem 6. Absorptionscoefficienten berechneten überein; 2) fallen die ersteren durchweg grösser und die letzteren durchweg (mit Ausnahme von y_3) kleiner als die beobachteten Grössen aus. Wollte man somit auf Grund dieser Verhältnisse die oben angeführte NaCl-Curve corrigiren, so könnte dieses nur nach den Zahlen für $k = 1{,}237$ geschehen; mithin wäre die Correction nicht an der 2. Ordinate, wie es beim ersten Anblick schien, sondern an der ganzen Curvenstrecke von der 3. bis zur 6. Ordinate, und zwar im Sinne einer kleinen Erhöhung derselben, anzubringen. Hieraus folgt aber mit Nothwendigkeit — falls die Absorptionscoefficienten 1 und 6 richtig sind, — dass die NaCl-Curve einen im Vergleich mit der theoretischen Curve etwas flächeren Verlauf hat.

In dieser Form war es nicht mehr schwer das Verhalten der NaCl-Curve durch neue Versuche zu prüfen: man braucht hierfür nur eine gesättigte Salzlösung zu nehmen und nur 2 Absorptionsversuche, bei ein- und sechsfacher Verdünnung, anzustellen. Das Salz, welches mir zu diesen Versuchen diente, war chemisch rein (bezogen von Marcquart); auch war jetzt die erste Lösung sicher eine gesättigte. Der erste Absorptionscoefficient fiel gleich 0,281; der 6. gleich 0,811 aus.

Für $x = 1$ und $y_1 = 0{,}281$ $\quad k = 1{,}269$
» $x = 6$ und $y_6 = 0{,}811$ $\quad k = 1{,}256$

Für $k = 1{,}256$ $\quad y_1 = 0{,}284$
» $k = 1{,}269$ $\quad y_6 = 0{,}809$

Eine grössere Uebereinstimmung aller Zahlen (sowohl beider k untereinander als der mittelst derselben kreuzweise berechneten Endordinaten) lässt sich bei meiner Methode nicht erreichen! Zugleich weichen die beobachteten neuen Absorptionscoefficienten von den früheren im Grunde sehr wenig ab, weil die Unterschiede nur die dritten Decimalen betreffen. Jetzt hat sich allerdings das gegenseitige Verhältniss beider k gerade umgekehrt, so dass nun die NaCl-Curve nicht flacher sondern etwas steiler als die theoretische anzusteigen scheint; letzteres ist aber auch viel wahrscheinlicher als das erstere, wie es der Leser unten sehen wird.

Bei der $NaNO_3$-Curve brauchen wir jetzt nicht mehr lange uns aufzuhalten. Die Uebereinstimmung der beobachteten und der berechneten Werthe ist hier so befriedigend, dass man für die Curve dieses Salzes ein in Vergleich mit der Gleichung 2, etwas steileres Ansteigen unbedenkt annehmen kann.

Somit hat uns die Zusammenstellung unserer Absorptionscurven mit der theoretischen Curve zu dem Schlusse geführt, dass die ersteren von Anfang an etwas steiler als die letztere ansteigen.

Die hieraus enstehende weitere Frage, ob die beiden Curven congruent sind, lässt sich

einstweilen, so lange uns nämlich Absorptionscurven nur zweier Salze bekannt sind, nicht mit Sicherheit beantworten, weil die Frage eigentlich zwei Lösungen zulässt und man einstweilen nicht entscheiden kann, welche von beiden zu wählen ist.

Die Frage über den weiteren Verlauf der Absorptionscurven jenseits der 6-fachen Verdünnung will ich der Kürze wegen an NaCl-Lösungen allein erörtern, weil alle in Bezug auf dieses Salz zu gewinnenden Schlüsse auch für das andere sich als streng gültig erweisen.

Als Volum. 1 diente mir für die neuen Versuche eine NaCl-Lösung, welche 13,688 gr. Salz auf 179,4 Ccm. Wasser enthielt. Die Verdünnungen entsprachen den Volum. 1,2,3 und 6; die Absorption geschah bei 15°2 C., und die Absorptionscoefficienten betrugen der Reihe nach:

$$0{,}7345; \quad 0{,}865; \quad 0{,}919; \quad 0{,}978. —$$

Vergleicht man diese Zahlen paarweise, entsprechend der Gleichung $y_2^2 = y_1$, untereinander, so bekommt man

$$(0{,}865)^2 = 0{,}748; \quad (0{,}978)^2 = 0{,}956;$$

eine in die Augen fallende Abweichung des neuen Curvenstückes von der Gleichung $y = e^{-\frac{k}{x}}$ im Sinne eines steileren Ansteigens der Coefficienten; — eine Abweichung, welche zudem so gross ist, dass sie durch die Beobachtungsfehler nicht mehr erklärt werden kann.

An und für sich betrachtet ist das neue Curvenstück continuirlich; ob es aber eine continuirliche Fortsetzung der früheren (den concentrirteren Lösungen entsprechenden) Curvenabtheilung darstellt, muss erst geprüft werden. Zu dem Ende will ich die neue Curve als Fortsetzung der corrigirten NaCl-Curve mit $y_1 = 0{,}281$ und $y_6 = 0{,}811$ ausrechnen. Benutzt man hierfür das nach der 6. Ordinate berechnete (siehe oben) $k = 1{,}256$, so ist (aus der Gleichung $x = -\frac{k \log e}{\log y}$) die dem Coefficienten 0,7345 entsprechende Abscissenlänge $x = 4{,}0707$. Hiermit können die Ordinaten der neuen Curve, als Fortsetzungen der Ordinaten der früheren Curve betrachtet, mit $y_{4,07}$ $y_{8,14}$ $y_{12,21}$ $y_{24,42}$ bezeichnet werden. Dem entsprechend erhält man aus $y = e^{-\frac{k}{x}}$ für $y_1 = 0{,}281$, $x_1 = 1$ und $k = 1{,}256$:

$$y_{4,07} = 0{,}734; \quad y_{8,14} = 0{,}857 \text{ (anst. } 0{,}865); \quad y_{12,21}\, 0{,}902 \text{ (anst. } 0{,}919);$$

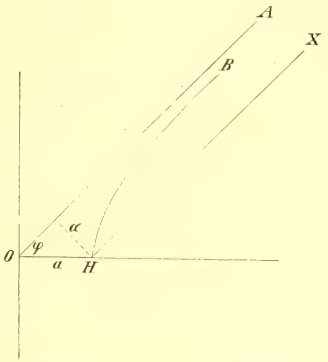
$$y_{24,42} = 0{,}950 \text{ (anst. } 0{,}978).$$

Ein Blick auf diese Zahlen zeigt ohne Weiteres, dass das neue Curvenstück zu dem alten zugefügt ein continuirliches Ganzes damit bildet. An der 24. Ordinate ist die Abweichung von dem Grundgesetze allerdings viel stärker als an der 6. Ordinate der früheren Curvenabtheilung ausgesprochen; anders kann es aber auch nicht sein, — die Ordinaten der NaCl-Curve zeigen ja von Anfang an eine Abweichung von diesem Gesetze im Sinne eines steileren Anwachsens.

Somit beweisen die neuen Versuche wiederum die Thatsache, — und nun ganz unzweifelhaft — dass die NaCl-Curve etwas steiler als die der Gleichung $y = e^{-\frac{k}{x}}$ entsprechende ansteigt.

Wollte man mit den Verdünnungen noch weiter gehen, so könnte im glücklichsten Falle nur noch der Satz bewiesen werden, dass die NaCl-Curve endlich die der Abscissenaxe parallele und um α über dieselbe erhobene Gerade schneidet, dass die Absorptionscoefficienten, mit anderen Worten, bei fortschreitender Verdünnung zuletzt grösser als derjenige des reinen Wassers für die Temperatur des Versuches werden. Ein solches Unternehmen würde jedoch, bei der relativen Grobheit meiner Beobachtungsmethode, ganz sicher misslingen; deshalb war ich genöthigt mich um andere Mittel zur weiteren Führung der Frage umzusehen. Ein solches fand sich glücklicherweise sehr leicht in der Zusammenstellung unserer Curve $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ mit einer anderen, welche mit ihr für grosse x (in Vergleich mit α) fast zusammenfällt.

Für die auf die Asymptote OA bezogene Ast einer gleichseitigen Hyperbel (HB) gilt bekanntlich die Gleichung $xy = \frac{a^2}{2}$ oder $xy = \alpha^2$, wenn man a durch $\alpha = a \sin. \varphi$ ersetzt. Für dieselbe Hyperbelast, auf die der Asymptote parallele HX als Abscissenaxe bezogen und für den Anfangspunkt der Coordinaten in H, gilt ferner die Gleichung



$$y = \alpha \frac{x}{x + \alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 3)$$

Für $x = n\alpha$ und $(2n + 1)\ \alpha$, gleichviel ob $n \gtrless 1$ ist, stehen die entsprechenden Ordinaten der letzten Curve in einem sehr einfachen numerischen Verhältnisse untereinander, indem die grössere ein arithmetisches Mittel aus α und der kleineren Ordinate darstellt, wie es die Gleichung

$$\frac{\frac{n}{n+1} + 1}{2} = \frac{2n+1}{2(n+1)}$$

darthut.

Vergleicht man andererseits in unserer Curve zwei Ordinaten, welche dem x und $2x$ entsprechen, so erweist sich y_2^2 dem y_1 um so näher stehend, je grösser x in Vergleich mit α ist, wie es die Gleichung

$$\left(\frac{2x}{2x + \alpha}\right)^2 = \frac{x}{x + \alpha + \frac{\alpha^2}{4x}}$$

zeigt.

Ginge somit das Anwachsen der Absorptionscoefficienten nach der Gleichung $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$, so würde man das Anwachsen der Ordinaten in demjenigen Theile der Curve, welcher starken Verdünnungen entspricht, als eine hyperbolische Annäherung an die Asymptote betrachten können, wofür die obige Gleichung 3) gilt. Mithin müsste für die Ordinaten dieser Curvenabtheilung auch die Gleichung

$$\frac{y_n + \alpha}{2} = y_{2n+1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 4)$$

gelten.

In letzterer Form bietet die Gleichung ein sehr bequemes Mittel dar das Anwachsen der Ordinaten (resp. der Absorptionscoefficienten) zu prüfen. Inwiefern aber die Anwendung desselben von Nutzen ist, mag das nächstfolgende zeigen.

Zuerst will ich der grösseren Anschaulichkeit wegen einige Ordinaten der Curve $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ für $\alpha = 1$; $x = 1,2,3 \ldots\ldots$ und $y_1 = 0,282$, und darunter die der Gleichung $\frac{y_n + 1}{2} = y_{2n+1}$ entsprechenden Quotienten anführen; hierauf dasselbe für die beobachteten NaCl-Coefficienten wiederholen.

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_9	y_{11}	y_{13}	y_{15}
0,282;	0,531	0,656	0,729	0,776	0,811	0,834	0,868	0,891	0,907	0,919
		0,641		0,765		0,828	0,864	0,888	0,905	0,917

y_1	y_2	y_3	y_5	$y_{4,07}$	$y_{8,14}$	$y_{12,21}$	$y_{24,42}$
0,290;	0,530	0,640	0,778	0,734;	0,865;	0,919;	0,978
		0,645	0,765		0,867		0,959

Die Zusammenstellung der Zahlen in der theoretischen Reihe ergiebt in der That eine allmählige Annäherung der Quotienten zu dem Prüfungsverhältnisse; und in der beobachteten Reihe dauert dieses nur bis zum 5. Absorptionscoefficienten, worauf man für die 2 letzten Paare anstatt $\frac{y_n + 1}{2} = y_{2n+1}$

$$\frac{y_1 + 1}{2} = y_2; \quad \frac{y_3 + 1}{2} < y_6$$

erhält.

Dasjenige Verhältniss, welches in der theoretischen Reihe zwischen den Ordinaten y_n und y_{2n+1} besteht, gilt jetzt für y_n und y_{2n}; und im letzten Paare ist dasselbe sogar überschritten worden!

Mithin beweisen diese höchst einfachen Proben ganz deutlich, dass die Absorptionscurve eine desto grössere Abweichung von dem hyperbolischen Gange im Sinne, des steileren Anwachsens der Ordinaten, zeigt je stärker die Salzlösung verdünnt wird.

Hierdurch tritt die erste Versuchsreihe dieser Abhandlung in ganz neuem Lichte auf. Dort haben wir im Grunde dieselben Proben mit den Absorptionscoefficienten der NaCl-Na_2SO_4- und $NaNO_3$-Lösungen gemacht und auch dieselben Resultate bekommen. Die Absorptionscoefficienten der zwei ersten Salze schienen bei der dort geübten Verdünnungs-

weise (Verdoppelung der Wassermenge in der Lösung) so anzuwachsen, als fähre das Salz bis zu einem gewissen Punkte fort ein übrigens stetig abnehmendes Bindungsvermögen auf das zugesetzte Wasser auszuüben und als träte hierauf für NaCl und Na_2SO_4 ein Zustand ein, inwelchem das Salz dieses Vermögen scheinbar (wie ich mich dort ausdrückte) verlor. Nun können wir mit grosser Sicherheit behaupten, dass dieses der Gleichung $\frac{y_n + \alpha}{2} = y_{2n}$ entsprechende Verhalten der Absorptionscoefficienten kein Schein sondern eine Realität ist. Erstens entspricht dasselbe noch solchen Verdünnungsgraden, bei welchen y_{2n} sich von y_{2n+1} nicht in den 3. sondern in den 2. Decimalen unterscheiden[1]). Zweitens bleibt das Anwachsen der NaCl-Ordinaten, wie wir es jetzt positiv wissen, nicht bei dem Verhältnisse $\frac{y_n + \alpha}{2} = y_{2n}$ stehen, sondern überschritt dasselbe analog den $NaNO_3$-Lösungen, für welche wir auf Grund des letzteren Verhaltens schon oben anzunehmen genöthigt waren, dass das Salz durch das Wasser zersetzt werden soll, und zwar mit Bildung solcher Producte, welche CO_2 stärker als reines Wasser absorbiren.

Kurz, unsere Probe beweist einen im Vergleich mit der Gleichung $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ steileren Verlauf der Absorptionscurven nicht nur für NaCl, — sondern auch für Na_2SO_4 — und $NaNO_3$-Lösungen.

Nun sind wir soweit vorgeschritten, dass es nicht mehr schwer ist den Hauptergebnissen dieser Untersuchung eine physikalisch-chemische Deutung zu geben.

In erster Linie muss ich mit besonderem Nachdruck wiederholen, dass das dem Ausdrucke $\frac{y_n + \alpha}{2} < y_{2n}$ entsprechende Verhalten der Absorptionscoefficienten nicht anders, als im Sinne einer merklichen Zersetzung des Salzes durch das Wasser mit Bildung solcher Producte, welche CO_2 stärker als reines Wasser absorbiren, gedeutet werden kann. Es ist in der That klar, dass schon der diesem Verhalten vorangehende Zustand der Lösung, in welchem für die Coefficienten die Gleichung $\frac{y_n + \alpha}{2} = y_{2n}$ gilt, sich beim ersten Anblick als eine theoretische Fiction darstellt, als ein ideeller Fall, in welchem die Salzlösung und das dieselbe verdünnende Wasser gar keine Wirkung aufeinander ausüben und jedes von beiden das Gas nach seinem eigenen Coefficienten absorbirt. Woher könnte alsdann der weitere Coefficientenzuwachs bei noch stärkerer Verdünnung der Lösung mit Wasser stammen?

Mit ebensolcher Sicherheit kann man weiter behaupten, dass auch das der Gleichung $\frac{y_n + \alpha}{2} = y_{2n}$ entsprechende Verhalten der Absorptionscoefficienten auf eine Zersetzung des Salzes in demselben Sinne wie oben, nur im geringeren Maassstabe, hinweist. Der Uebergang von diesem Zustande zu dem früher erörterten ist in der That für die NaCl-Lösungen ein stetiger; andererseits geht derselbe allmälig in einen anderen Zustand der Flüssigkeit über, in welchem die Coefficienten im Vergleich mit $\frac{y_n + \alpha}{2} = y_{2n}$ fortwährend abnehmen und hiermit für die Bindung des Wassers durch das Salz sprechen.

---

1) Dieses Verhalten entspricht dem Uebergange (der Reihe nach) der niedrigeren Coefficienten: 0,776; 0,705; 0,711 und 0,660 zu den höheren: 0,885; 0,807; 0,850 und 0,771.

Folglich muss der unserem Uebergangsstadium entsprechende Zustand der Lösung unvermeidlich als Folge zweier entgegengesetzt gerichteter Wirkungen aufgefasst werden, von denen diejenige, welche die Coefficienten zu erniedrigen strebt, in der Richtung nach den concentrirteren Lösungen zu stetig zunimmt, und diejenige, welche dieselben in die Höhe treibt, mit der Verdünnung anwächst. Bezeichnet man die letztere kurzweg mit dem bei einigen Chemikern üblichen Namen der Dissociation durch das Wasser und macht die höchst wahrscheinliche Annahme, dass die absorbirte CO_2 an der Zersetzung des Salzes so gut wie gar keinen oder nur sehr geringen activen Antheil nimmt, so würde man auf Grund der soeben angestellten Betrachtungen folgende zwei Schlüsse ziehen können:

1) tritt für die Coefficienten β_1, β_2 ..... β_n... einer 1—2—..... n-fach..... mit Wasser diluirten Lösung das der Gleichung $\frac{\beta_n + \alpha}{2} = \beta_{2n}$ entsprechende Verhalten der Coefficienten ein, so enthält die Lösung schon jetzt eine gewisse Menge Salz im dissociirten Zustande und diese Menge wird durch weitere Verdünnungen stetig vermehrt.

2) Bietet die Absorptionscurve einer Salzlösung einen im Vergleich mit der Curve $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ von Anfang an etwas steileren Verlauf dar, so ist die Auflösung des Salzes im Wasser von Anfang an mit einer Dissociation des letzteren verbunden.

Uebrigens ist der Wahrscheinlichkeitsgrad beider Schlüsse nicht gleichwerthig. Der erste von ihnen ist so zu sagen unvermeidlich, weil man bei der Beurtheilung der Erscheinung zwischen ihm und einem gesetzwidrigen Unsinn zu wählen hat. Der zweite aber ist einstweilen nur als höchst wahrscheinlich zu betrachten, indem derselbe zur logischen Unterlage nur die Analogie hat, nämlich den Gedanken, dass dasjenige, was den Gang der Curve in den entfernteren Abtheilungen bedingt, auch für den anfänglichen Theil derselben gelten muss, im Falle (wie es bei uns ist) die Curve von Anfang an continuirlich ist.

Was die Annahme anbelangt, wonach der durch die Lösung absorbirten CO_2 nur ein geringer activer Antheil an der Zersetzung des Salzes zugemuthet wird, so kam ich zu derselben auf Grund folgender Betrachtungen und folgender Versuche.

Da das Anwachsen der Coefficienten auf eine Art Zersetzung des Salzes mit Bildung solcher Producte hinweist, welche CO_2 stärker als reines Wasser absorbiren; — da andererseits die Säuren der durch das Wasser gelockerten Verbindungen NaCl und $NaNO_3$ flüchtig sind und die Lösungen dieser Salze in meinen Versuchen vor der Absorption unvermeidlich im Vacuo aufgekocht werden müssen; — so liesse sich das stetige Ueberwiegen der Absorptionscoefficienten über die Ordinaten der Curve $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ am einfachsten als Folge einer höchst geringen und höchst schwachen chemischen Bindung von CO_2 durch die in ihrem Zusammenhange mit der Säure gelockerten oder sogar (in Folge der Zersetzung des Salzes durch das Wasser und der Entweichung eines Theiles der abgespaltenen Säure während des Auskochens) frei gewordene Salzbase erklären. Aus meinen früheren zahlreichen

Versuchen über die die CO_2 schwach bindenden Stoffe war es mir aber bekannt, dass in allen derartigen Fällen der active Antheil der CO_2 an der Zersetzung des Salzes nur darin seinen absorptiometrischen Ausdruck findet, dass die chemischen Bindungsgrössen mit dem Absorptionsdrucke zunehmen. Auf Grund dieser Betrachtungen versuchte ich einige Bestimmungen an sehr stark verdünnten NaCl-Lösungen zu machen, um nämlich zuzusehen, ob jetzt die Coefficienten mit dem Drucke merklich zunehmen. Zu dem Ende nahm ich zum Ausgangspunkt (als Vol. 1) eine NaCl-Lösung zufälliger Concentration, versetzte dieselbe mit Wasser zu den Volum. 16, 17 und 64 und stellte Absorptionsversuche bei 15°2 C. mit drei letzten Verdünnungen an. Die Zahlen nebst den zugehörigen Druckwerthen lasse ich folgen.

Verdünn.	Dr. in Mm.	Coefficient.
16	464,39	0,940
	571,42	0,947
16	449,79	0,940
	553,47	0,949
17	467,28	0,950
	581,13	0,9495
64	439,56	1,002
	535,72	1,110

Die Coefficienten scheinen allerdings mit dem Drucke etwas zuzunehmen, was übrigens auch in meinen zahlreichen alten Versuchen mit Salzlösungen viel öfter als das Entgegengesetzte vorkommt;[1]) dennoch sind die Schwankungen zu gering um bei der relativen Grobheit meiner Methode sichere Schlüsse zuzulassen; — um so mehr, als man mittelst dieser Methode auch für das reine Wasser nicht entscheiden kann ob dasselbe CO_2 innerhalb $^1/_4$ Atmosphäre streng nach dem Dalton'schen Gesetze absorbirt. Somit muss die Entscheidung der Frage der Zukunft überlassen werden; einstweilen sind hierüber nur Vermuthungen, diese aber nur in dem oben ausgesprochenen Sinne, gestattet.

Endlich habe ich noch Versuche anzuführen, deren Zweck in der Aufklärung der Frage bestand, in wieweit das Anwachsen der Coefficienten bei allmäliger Verdünnung der NaCl-Lösungen mit Wasser vom rein-mechanischen Auseinanderrücken der Salztheile durch das diluirende Mittel, inwieweit von der Specificität des letzteren, d. h. von den speciell dem Wasser eigenen Anziehungen sowohl zu dem unzersetzten Theile des Salzes als zu dessen Spaltungsproducten, abhängig ist.

---

1) Etwas weiter unten führe ich ohne Auswahl 12 alte Versuche mit NaCl-Lösungen an, in welchen das Ueberwiegen des dem schwächeren Drucke entsprechenden Coefficienten nur ein einziges Mal und das entgegengesetzte 9 Mal vorkommt.

Zu dem Ende nahm ich auf eine und dieselbe NaCl-Menge, nämlich 13,688 gr., zwei verschiedene Auflösungsmittel: reines Wasser und eine sehr concentrirte Lösung von $NaNo_3$ mit dem Absorptionscoefficienten 0,285 für $t = 15°2$ C. Von der letzteren Flüssigkeit wurden zu NaCl 177,4 Ccm. zugesetzt und das resultirende Volumen fiel gleich 180,2 Ccm. aus. Um dasselbe resultirende Volumen auch für NaCl + Wasser zu erhalten, — damit das Auseinanderrücken der Salztheile (nämlich von NaCl) in beiden Fällen gleich wäre — mussten zu dem Salze nicht 177,4 sondern 179,3 Ccm. Wasser zugesetzt werden. Die beiden Flüssigkeiten, als Volumina 1 abgemessen, wurden hierauf in dem einen Falle mit Wasser, in dem anderen mit $NaNO_3$-Lösung zu den Vol. 2,3 und 6 verdünnt; und Absorptionsversuche damit bei 15°2 C. angestellt. Die Coefficienten der rein-wässerigen Lösungen von NaCl wurden schon oben als $y_{4,07}$, $y_{8,14}$ u. s. w. angeführt; etwas weiter unten sind dieselben als y_1, y_2, y_3 und y_6 wiederum angegeben. Unmittelbar darunter stehen die entsprechenden an den Gemischen von NaCl mit $NaNO_3$-Lösung beobachteten Coefficienten. Endlich nehmen die 3. Zeile Zahlen ein, welche aus denjenigen der 1. Zeile durch Multiplication derselben mit dem Coefficienten 0,285 erhalten worden sind. Der Sinn dieser Multiplication entspricht dem uns schon bekannten Gesetze, wonach die Absorptionscoefficienten zweier Lösungen eines und desselben Salzes in zwei verschiedenen Flüssigkeiten den Absorptionscoefficienten der letzteren proportional sind.

	y_1	y_2	y_3	y_6
NaCl + Wasser.....	0,7345;	0,865;	0,919;	0,978
NaCl + $NaNO_3$-Lösung	0,2235;	0,252;	0,2645;	0,276
Aus der 1. Zeile berechnete Grössen	0,2093;	0,2465;	0,2619;	0,278

Ich muss gestehen, dass ich im ersten Augenblick nicht wenig erstaunt war, das Ueberwiegen der Zahlen der 2. Zeile über diejenigen der 3. erhalten zu haben, indem ich, bei gleich grosser Aenderung der Coefficienten (in beiden Fällen), in Folge des gleich grossen Auseinanderrückens der Salztheile, eine stärkere Zersetzung und mithin einen bedeutenderen Zuwachs der Coefficienten für die Gemische NaCl + Wasser erwartete. Bedenkt man jedoch, dass man in der complexen Wirkung zwischen Salz und Wasser nebst der Zersetzung, welche die Coefficienten, gleich dem mechanischen Auseinanderrücken, in die Höhe treibt, noch eine andere ihr entgegengerichtete Wirkung zu unterscheiden hat, und diese die erstere in concentrirteren Lösungen, — so lange nämlich für die Ordinaten das Verhältniss $y_{2n} < \frac{y_n + \alpha}{2}$ besteht — überwiegt, so scheint das Resultat verständlich zu sein. An den Gemischen von NaCl mit $NaNO_3$-Lösung ist die letztere, die Coefficienten herabsetzende Wirkung überhaupt schwächer, als an den wässerigen NaCl-Lösungen ausgesprochen, deshalb tritt dor die Folge des Auseinanderrückens der Salztheile so zu sagen klarer zu Tage; und dieses dauert so lange, bis die in den Gemischen von NaCl mit Wasser unzweifelhaft stärkere Zersetzung nicht die Oberhand nimmt, was im Bereiche der 6. Ordinate

geschieht, — hier findet eine Umkehrung der Verhältnisse statt. Zu Gunsten dieser Erklärung sprechen folgende Zusammenstellungen der Ordinaten:

$$\frac{1,7345}{2} = 0,867; \quad \frac{1,919}{2} = 0,959$$

$$\frac{0,2235 + 0,285}{2} = 0,2542; \quad \frac{0,2645 + 0,285}{2} = 0,2747.$$

Für das Intervall $y_1 - y_2$ entspricht das Ordinatenverhältniss in beiden Gemischen der Ungleichheit $y_{2n} < \frac{y_n + \alpha}{2}$, wobei die Differenz (0,865 und 0,867; 0,252 und 0,254) in beiden Fällen gleich klein ist; und für das Intervall $y_3 - y_6$ mit dem Ordinatenverhältniss $y_{2n} > \frac{y_n + \alpha}{2}$ ist die Differenz $y_{2n} - \frac{y_n + \alpha}{2}$ für das Gemisch NaCl + Wasser im Gegentheil bedeutend grösser (0,978 und 0,959; 0,278 und 0,274).

Somit zeigen die soeben beschriebenen Versuche an, dass man in der complexen reciproken Wirkung zwischen Salz und Wasser nebst dem Momente des mechanischen Auseinanderrückens der Salztheile noch die specifischen Massenwirkungen zwischen beiden Bestandtheilen zu unterscheiden hat.

Die letzte Versuchsreihe betraf die wichtige Frage über den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionscurven der NaCl- und $NaNO_3$-Lösungen. Leider erfordern die hierhergehörigen Erscheinungen zu ihrem scharfen Hervortreten Beobachtungen bei weit voneinander abstehenden Temperaturen, was bei meiner Absorptionsmethode im Laufe einer und derselben Jahreszeit schwer zu erreichen ist. In meinem Absorptiometer sind allerdings sowohl das Gasrohr, als der Flüssigkeitsrecipient von Wassersäulen umgeben, deren Temperatur leicht regulirbar ist; das Constanthalten der letzteren wird dennoch zu einer desto schwierigeren Aufgabe, je weiter die Temperatur der Absorption von derjenigen des Versuchszimmers absteht. Aus diesem Grunde konnte ich einstweilen Versuche nur bei 12°, 15°2 und 18°38 C. anstellen und musste die Beobachtungen bei höheren Temperaturen bis auf die heissen Sommertage verlegen. Aus demselben Grunde ist auch das Nächstfolgende eher als Programm der künftigen Bearbeitung der Frage als eine abgeschlossene Schilderung der Verhältnisse zu betrachten.

Zu den Versuchen mit NaCl (von denjenigen mit $NaNO_3$ wird weiter unten die Rede sein) diente mir dieselbe Lösung, welche oben für $t = 15°2$ C. die corrigirte NaCl-Curve mit den Coefficienten (y_1 und y_6) 0,281 und 0,811 ergab. Drei Versuche mit dieser Lösung bei 18°38 C., entsprechend den Verdünnungen 1, 5 und 6 (der mittlere, als Verificationsversuch) gelangen vollkommen. Nachdem ich nämlich $y_1 = 0,256 - 0,259 = 0,2575$ und $y_6 = 0,740$ aus Versuchen und k nach y_6, für $\alpha = 0,9$ und $x = 6$, durch Rechnung (aus der Formel $\log y_6 = \log \alpha - \frac{k}{6} \log e$) gefunden habe, wurde mittelst dieses k y_5 vorausberechnet und gleich 0,710 erhalten. Der directe Versuch ergab den entsprechenden Absorptionscoefficienten gleich 0,7102 — 0,7091. Etwas weniger glücklich war ich mit den Versuchen bei 12° C. Hier erhielt ich $y_1 = 0,300 - 0,302 = 0,301$ und $y_6 = 0,890$

— 0,897 = 0,8935 aus Versuchen; und $y_5 = 0{,}856$ durch Rechnung aus y_6; während der directe Verificationsversuch $y_5 = 0{,}844 - 0{,}845$ ergab. Die Hauptzahlen y_1 und y_6 sind jedoch auch in dieser Versuchsreihe als befriedigend zu betrachten, weil man aus y_1 durch Rechnung $y_6 = 0{,}887$ (anstatt 0,8935) und aus y_6 $y_1 = 0{,}305$ (anstatt 0,301) erhält.

Nimmt man also als bewiesen an, dass y_1 und y_6 für alle 3 Temperaturen richtig bestimmt sind; so lassen sich die erhaltenen Absorptionscoefficienten mit den entsprechenden Ordinaten dreier Curven vergleichen, welche aus der Gleichung $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ nach $y_1 = 0{,}301$, $x_1 = 1$ und $\alpha = 1{,}1018$ für $t = 12°$ C.; nach $y_1 = 0{,}281$, $x_1 = 1$ und $\alpha = 1$ für $t = 15°2$ C. und nach $y_1 = 0{,}2575$, $x_1 = 1$ und $\alpha = 0{,}9$ für $t = 18°38$ C. berechnet sind.

Diese Zahlen, nebst den darunter stehenden beobachteten Coefficienten (diese sind eingeklammert) lasse ich jetzt folgen.

	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	
$t = 12°$ C.	0,301;	0,576;	0,715;	0,796;	0,8498;	0,887	a)
	(0,301)				(0,8445)	(0,8935)	
$t = 15°2$ C.	0,281;	0,530;	0,655;	0,728;	0,7757;	0,809	b)
	(0,281)					(0,813)	
$t = 18°38$ C.	0,2757;	0,484;	0,597;	0,6637;	0,707;	0,737	c)
	(0,2757)				(0,710)	(0,740)	

Vergleicht man in jeder Reihe die beobachtete und die berechnete 6. Ordinate, so sieht man sogleich, dass alle 3 Absorptionscurven im Vergleich mit $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$ etwas steiler aufsteigen, ohne einen merklichen Unterschied in dieser Beziehung von einander zu zeigen.

Es ist ferner leicht einzusehen, (hierbei muss man einstweilen von den eingeklammerten Zahlen abstrahiren), dass das einfachste gegenseitige Verhältniss unserer 3 berechneten Curven dasjenige wäre, bei welchem dieselben einander parallel liefen, was nur in dem Falle möglich wäre, wenn die ersten Ordinaten, nach welchen die Curven berechnet sind, sich wie die zugehörigen Absorptionscoefficienten der CO_2 im Wasser verhielten, d. h. im Falle:

$$0{,}301 : 0{,}281 : 0{,}2575 = 1{,}1018 : 1 : 0{,}9.$$

Die Prüfung dieses Verhältnisses ist höchst wichtig.

Besteht dasselbe in der That, so erlangt man nebst annäherndem Parallelismus der beobachteten Absorptionscurven für verschiedene Temperaturen ein höchst einfaches und uns im Grunde schon bekanntes Gesetz für die Aenderung der Absorptionscoefficienten der CO_2 in Salzlösungen verschiedener Temperaturen, welches lauten würde:

Die Absorptionscoefficienten einer Salzlösung bei verschiedenen Temperaturen verhalten sich wie die Absorptionscoefficienten des Wassers für dieselben Temperaturen; oder allgemeiner — verhalten sich wie die Absorptionscoefficienten der auflösenden Flüssigkeiten.

Besteht das Verhältniss im Gegentheil nicht, so zeigt die Abweichung die Nebenwirkungen der Wärme an, durch welche das soeben angedeutete Gesetz der Aenderung der Coefficienten mehr oder weniger verdeckt wird.

Führt man diese einfachen Proben aus, indem man in der Reihe *a* die eingeklammerten y_1 und y_6 mit $\frac{1}{1,1018}$ und die entsprechenden Ordinaten der Reihe *b* mit 0,9 multiplicirt, so erhält man Folgendes:

$$0,301 \cdot \tfrac{1}{1,1018} = 0,273 \text{ anstatt } 0,281; \quad 0,893 \cdot \tfrac{1}{1,1018} = 0,810 \text{ anstatt } 0,813$$

$$0,281 \cdot 0,9 = 0,253 \text{ anstatt } 0,2757; \quad 0,813 \cdot 0,9 = 0,731 \text{ anstatt } 0,740$$

Die Abweichung der Zahlen von dem Verhältnisse $\frac{y}{y'} = \frac{\alpha}{\alpha'}$ ist ganz unzweifelhaft; zudem ist dieselbe sowohl für den Uebergang von 12° C. zu 15°,2 C. als für denjenigen von 15°,2 zu 18°,38 einsinnig, indem in beiden Fällen die Ordinaten einen positiven Zuwachs zeigen. Letzterer ist übrigens für den Temperaturabstand von 3° C. sehr unbedeutend und scheint für die concentrirteren Lösungen etwas grösser zu sein. So beträgt z. B. der Zuwachs von y_1 für den Uebergang von 15°,2 zu 18°,38 C. 0,2757 — 0,253 und derjenige von y_6 für denselben Uebergang nur 0,740 — 0,731.[1]) Leider sind die hierauf bezüglichen Zahlenverhältnisse am $NaNO_3$ eher abweichend, sonst würde man hieraus sicher schliessen können, dass die Absorptionscurven einen desto flacheren Verlauf zeigen, je höher die Temperatur ist. Somit kann einstweilen nur das Vorhandensein der oben angegebenen Abweichung der Coefficienten mit der Steigerung der Temperatur als streng bewiesen betrachtet werden. Dem entsprechend lässt sich die Wirkung der Wärme auf die Absorptionscoefficienten folgendermaassen formuliren.

Inwiefern die Absorptionscoefficienten von dem Verhältnisse $\frac{y}{y'} = \frac{\alpha}{\alpha'}$ nicht viel abweichen, muss man annehmen, dass die erniedrigende Wirkung der Wärme auf die Coefficienten des Auflösungsmittels den in erster Linie bei der Aenderung der Absorptionscoefficienten wirksamen Moment darstellt. Inwieweit aber die letzteren von dem genannten Verhältnisse abweichen, und zwar, — wie es bei uns ist — im Sinne eines mit der Steigerung der Temperatur stetigen geringen Anwachsens, zeigt die Abweichung an, dass die Wärme nebst dem Haupteinflusse auf das Lösungsmittel noch eine andere Wirkung mit sich bringt, welche die Absorptionscoefficienten der Lösung etwas in die Höhe treibt. — Diese Auffassungsweise ist unvermeidlich, seitdem wir die Absorptionsverhältnisse an noch complicirteren Gemischen ($NaCl + NaNO_3 +$ Wasser) so gestaltet fanden, als befände sich das Lösungsmittel in einem quasi-freien Zustande in der Lösung.

Die Beobachtungen am NaCl beschliesse ich mit einem Rückblick auf meine mit die-

---

1) Ich führe gerade diese Zahlen aus dem Grunde an, weil die Coefficienten für 15°,2 C. und 18°,38 am meisten Vertrauen verdienen.

sem Salze vor mehr als 12 Jahren angestellten Absorptionsversuche, welche in den Mem. d. St. Petersb. Akad., Tome XXII, № 6, Tabelle XII, pag. 47—48 niedergeschrieben sind. Die Beobachtungen betrafen auch dort die Absorptionscurven bei 3 verschiedenen Temperaturen [21°7, 18°38 und 15°2 C.] einer auf eine und dieselbe Weise mit Wasser diluirten NaCl-Lösung; die Absicht aber, in welcher die Vergleichung der Curven unternommen wurde, war eine andere, da ich damals keine Ahnung von den das Anwachsen der Coefficienten regierenden Gesetzen hatte. Aber gerade hierdurch erhält, glaube ich, die Zusammenstellung der alten Versuche in der uns jetzt interessirenden Richtung ein grosses Interesse. Nur muss man hierbei den Umstand nicht ausser Acht lassen, dass ich damals mit einem weniger vollkommenen Instrumente arbeitete.

In erster Linie führe ich die für 21°7 beobachteten Absorptionscoefficienten an. Die Verdünnungen in dieser und in den übrigen Versuchsreihen verhielten sich, nach unserer jetzigen Bezeichnungsweise, wie 1, $^6/_5$, $1^1/_2$, 2, 3 und 6. Nebst den beobachteten Coefficienten sind die nach der Formel $y_n = \frac{y_{2n}^2}{\alpha}$ berechneten [für $t = 21°7$ C. ist nach meinen Versuchen $\alpha = 0{,}825$] angeführt. Diese sind eingeklammert. Die 2. Zeile nehmen die Zahlen ein, welche aus den für 18°38 C. beobachteten Absorptionscoefficienten durch Multiplication derselben mit $\frac{0{,}825}{0{,}9}$ erhalten worden sind, um nämlich die Abweichung der Coefficienten mit der Steigerung der Temperatur von dem Verhältnisse $\frac{y}{y'} = \frac{\alpha}{\alpha'}$ zu prüfen. In der 3. Zeile sind endlich die in derselben Absicht und auf die entsprechende Weise aus den für 15°2 C. beobachteten Coefficienten berechneten Grössen angeführt.

	y_1	$y_{1,2}$	$y_{1,5}$	y_2	y_3	y_6
$t = 21°7$ C.	0,394 (0,380);	0,437;	0,497 (0,481);	0,560;	0,630 (0,638);	0,726
ber. aus Zahl. für 18°38:	0,392;	0,442;	0,488;	0,559;	0,644	0,728
» » » » 15°2:	0,385;	0,425;	0,478;	0,545;	0,627;	0,715

Wäre ich vor 12 Jahren auf die Idee gekommen solche Zusammenstellungen der Zahlen auszuführen, so hätte mir schon damals das Gesetz des Anwachsens der Coefficienten bei einer und derselben Temperatur nicht entgehen können; und in Bezug auf die Aenderung der Coefficienten mit der Temperatur wäre ich unzweifelhaft zu dem Schlusse gekommen, dass für kleinere Temperaturabstände die Absorptionscoefficienten der Lösungen sich wie die zugehörigen Coefficienten des auflösenden Wassers verhalten, und für die grösseren einen merklichen positiven Zuwachs über dieses Verhältniss erhalten.

Versuche am $NaNO_3$ bei verschiedenen Temperaturen boten in einer Beziehung eine wesentliche Abweichung von den soeben beschriebenen dar. — Die für 15°—16° C. gesättigte NaCl-Lösung, deren ich mich oben bediente, konnte für alle drei Temperaturen als gesättigt und zugleich als gleich concentrirt betrachtet werden. Hiermit waren die Flüssigkeiten, welche ich untereinander verglich, in allen Beziehungen ausser der Temperatur gleichwerthig. Für $NaNO_3$-Lösungen lässt sich dieses offenbar nicht erreichen, weil das Salz für

12°, 15° und 18° C. sehr merkliche Unterschiede in der Löslichkeit zeigt; man ist hierdurch gezwungen entweder auf gleiche Concentrationen oder auf das Gesättigtsein derjenigen Lösungen zu verzichten, welche die untereinander zu vergleichenden Reihen als Volumina 1 anfangen. Mit der Zeit, wenn die Versuche auf eine grössere Anzahl von Salzen ausgedehnt werden, wird es sich vielleicht zeigen, wie diese Complication zu umgehen ist; jetzt aber waren die Zusammenstellungen in beiden Richtungen auszuführen — einmal mussten für die Versuche gesättigte (für die zugehörigen Temperaturen) das andere Mal gleich concentrirte Lösungen angewandt werden.

In diesem Sinne bereitete ich mir anfangs eine genau für 15°2 C. gesättigte $NaNO_3$-Lösung und stellte damit Versuche bei 15°2 und 18°38 C. an, wobei die Coefficienten

$$\text{für } 15°2 \text{ C.}: y_1 = 0{,}235 - 0{,}240 = 0{,}237 \text{ und } y_6 = 0{,}790$$

$$\text{für } 18°38 \text{ C.}: y_1 = 0{,}223 \text{ und } y_6 = 0{,}725 - 0{,}731 = 0{,}728$$

ausfielen. Hierauf wurde eine genau für 18°38 C. gesättigte $NaNO_3$-Lösung bereitet und hiermit ein einziger Versuch bei 18°38 C. mit dem Coefficienten

$$y_1 = 0{,}212$$

angestellt.

Die Spärlichkeit der Versuche erklärt sich aus Folgendem. An der Richtigkeit der Coefficienten für 15°2 kann man keinen Augenblick zweifeln, weil beide Zahlen mit den früheren für annähernd gleiche Bedingungen der Sättigung erhaltenen (0,244 und 0,7955) fast identisch sind. Die 2 ersten Bestimmungen für 18°38 sind ebenfalls als annähernd richtig zu betrachten, weil man aus der Gleichung $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$, bei k (nach $y_1 = 0{,}223$ bestimmt) $= 1{,}343$, $x = 6$ und $\alpha = 0{,}9$, für y_6 eine mit der beobachteten Grösse übereinstimmende Zahl 0,727 erhält; und der einzige Versuch bei 18°38 C. mit der für diese Temperatur gesättigten Lösung galt unserem Plane gemäss vorläufig nur als Controlversuch.

Führt man an den ersten 4 Coefficienten die bekannte Probe im Sinne der Gleichung $\frac{y}{y'} = \frac{\alpha}{\alpha'}$ aus, so erhält man

		berechn.	beob.	Positiv. Zuwachs.
für 18°38 C.:	y_1 =	0,213	0,223	0,010
	y_6 =	0,711	0,728	0,017

d. h. ein dem für dieselben Bedingungen an den Coefficienten der NaCl-Lösungen beobachteten gleiches (vielleicht nur in etwas stärkerem Maassstabe) Verhalten der Absorptionsgrössen. So wie dort, scheint auch hier die Absorptionscurve mit der Steigerung der Temperatur eher flacher als steiler zu verlaufen.[1]) Endlich kann vielleicht für die Zukunft auch der

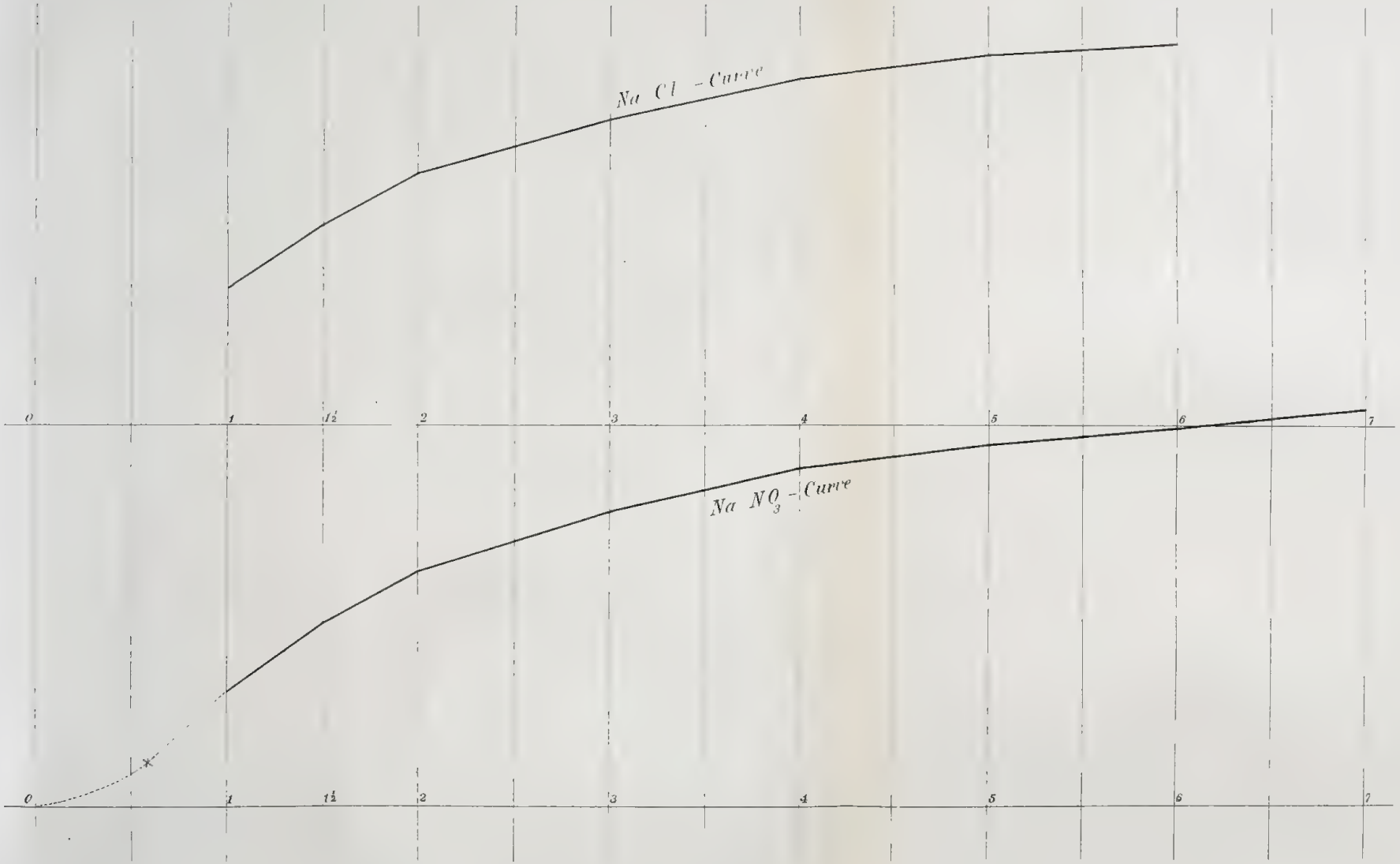
1) Weil für $t = 15°2$ C. y_6 nach y_1 berechnet die Zahl 0,786 anstatt der beobachteten 0,790, und für $t = 18°38$ y_6 auf die entsprechende Weise berechnet die Zahl 0,727 giebt, welche der beobachteten Grösse 0,728 beinahe gleich ist.

Umstand von Bedeutung sein, — wenn es keine zufällige Coïncidenz ist! — dass y_1 für 15°2 C., multiplicirt mit dem Absorptionscoefficienten des Wassers für 18°38, nicht den Coefficienten einer gleich concentrirten, sondern denjenigen der für 18°38 gesättigten Salzlösung ergab:

$$0{,}237 \times 0{,}9 = 0{,}211.$$

Uebrigens bedürfen alle in Bezug auf die Wirkung der Temperatur mitgetheilten Thatsachen weiterer Versuche.

o
o


Na Cl - Curve
0
1
1½
2
3
4
5
6
7
Na NO3 - Curve
0
1
1½
2
3
4
5
6
7

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 4.

SYRISCHE GRABINSCHRIFTEN

AUS SEMIRJETSCHIE,

HERAUSGEGEBEN UND ERKLÄRT

VON

D. Chwolson.

172720
AUG 29 1887
SMITHSONIAN DEPT.

Mit einer Tafel.

Présenté à l'Académie le 1 avril 1886.

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 60 Kop. = 2 Mrk.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 4.

SYRISCHE GRABINSCHRIFTEN AUS SEMIRJETSCHIE,

HERAUSGEGEBEN UND ERKLÄRT

VON

D. Chwolson.

Mit einer Tafel.

Présenté à l'Académie le 1 avril 1886.

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 60 Kop. = 2 Mrk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Août, 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Vorläufige Nachricht über die in dem Gebiete Semirjetschie[1]) aufgefundenen syrischen Grabinschriften.

I.

Auffindung dieser Inschriften.

Ueber diesen Punkt liegen mir mehrere Berichte vor und zwar 1) verschiedene Meldungen in der Восточное Обозрѣние (morgenländische Revue) № 44 vom 14. November 1885 und vom 30. Januar 1886, und ausserdem mir handschriftlich vorliegende Mittheilungen, die alle von Dr. Pojarkow (s. unten) herrühren; dann 2) ein Bericht des Hrn. N. N. Pantussow, Beamten für besondere Aufträge beim Kriegsgouverneur jenes Gebietes, in den Abhandlungen der morgenländischen Abtheilung der hiesigen (St. Petersburger) Kaiserl. Archäologischen Gesellschaft, 1886, Heft II, und endlich 3) nicht veröffentlichte Briefe seiner Eminenz des Bischofs von Turkestan und Taschkend Neophyt. Aus diesen Berichten theile ich hier Folgendes mit.

Es sind zwei Friedhöfe mit syrischen Grabinschriften gefunden worden, welche erstere in einer Entfernung von ungefähr 50 Werst (gegen 55 Kilom.) von einander sich befinden. Den einen von ihnen, den kleineren, entdeckte im Herbste des vorigen Jahres (1885), Dr. Pojarkow gegen 15 Werst südlich von dem Dorfe Gross-Tokmak, $1^1/_2$ Werst

1) Dieses Gebiet liegt westlich von der chinesischen Grenze von Kuldscha und nordöstlich von Kokand, jetzt Fergana genannt. Nördlich ist diese Provinz begrenzt von dem Gebiet von Semipalatinsk, westlich von dem des Syr-Daria, südlich von der chinesischen Provinz von Kaschgar und östlich, wie bemerkt, von dem chinesischen Gebiet von Kuldscha. Die Hauptflüsse des Gebietes von Semirjetschie sind: der Ili, der östlich von Kuldscha entspringt und in den Balchasch-See — der theilweise zu diesem Gebiete gehört — sich ergiesst, und

von den Ruinen einer alten, aus gebrannten Ziegeln erbauten Festung, Burana genannt, an den Vorbergen der Alexander-Bergkette. Daselbst fand Dr. Porjakow, der als erster Entdecker dieser Grabinschriften gelten muss, über 20 Grabsteine, die wohl alle mit Kreuzen, aber nicht alle mit Inschriften versehen sind. Von den hier gefundenen Grabinschriften liegen mir elf in neuen sehr mangelhaften photographischen Abdrücken vor; fünf von ihnen habe ich unten № III, XV. und XIX—XXI mitgetheilt.

Den zweiten Friedhof, der eine Ausdehnung von etwa 120 Faden (gegen 240 Meter) Länge und 60 Faden Breite hat, entdeckte ein Feldmesser, Namens Andreew, in dem Gemeindebezirk Alamendina, auf dem Boden der Kara-Kirgisen, gleichfalls in der Nähe der Vorberge der Alexander-Bergkette, gegen 10 Werst von Pischpek, dem Hauptorte des Kreises Tokmak[1]). Fast der ganze Raum dieses Friedhofes ist als Ackerboden bebaut, mit Ausnahme der kleinen Anhöhen, die von dem daneben fliessenden Kanal nicht bewässert werden können und die, wie Hr. Pantussow vermuthet, Ueberreste von Familiengräbern darstellen. Auf diesen kleinen Erhöhungen finden sich haufenweise die Grabsteine, die dorthin, wenigstens zum Theil, beim Pflügen des Bodens gebracht wurden.

Die Grabsteine, die auch hier alle mit Kreuzen, — von anderer Form als die der zuerst erwähnten Grabsteine, — aber nicht immer mit Inschriften versehen sind, bestehen aus einfachen, ziemlich kleinen Feldsteinen von verschiedener Grösse und verschiedener Form, die weder behauen, noch durch Menschenhände geglättet sind; nur bei wenigen unter ihnen ist die Oberfläche zwar nicht geglättet, aber ein wenig geebnet worden. Grabsteine von der Grösse etwa eines halben Meters sind sehr selten; die allermeisten sind bedeutend kleiner. Zur Zeit als Hr. Pantussow seinen Bericht abgefasst hatte, waren auf diesem Friedhofe 611 Grabsteine gesammelt worden, von denen, wie es scheint, nur wenige keine Inschriften haben. Einige Gräber sind oben und an den Wänden mit gebrannten Ziegeln von Quadratform ausgelegt. Beim Blosslegen einiger Gräber zeigte es sich, dass in manchem Grabe einige Verstorbene ihre Ruhstätte beisammen gefunden haben. In der That finden sich

---

dann der Tschu (Tschui bei Ritter), der aus der westlichen Spitze des Issyk-Kul (Isse-Kul bei Ritter) entspringt und sich in den Alakul ergiesst. Diese beiden, zuletzt genannten Seen befinden sich ganz auf dem Gebiete von Semirjetschie. Indem ich mir vorbehalte, bei einer andern Gelegenheit etwas näher auf die Geographie und die Geschichte dieser Provinz einzugehen, bemerke ich hier nur kurz, dass dieselbe vor der Mongolenzeit einen Theil des Reiches der Cara-Chatai ausgemacht und früher reich bevölkert war. Dafür sprechen die zahlreichen Spuren von früheren Ansiedelungen und befestigten Orten. Noch jetzt sieht man an verschiedenen Stellen des Issyk-Kul nur einige Fuss unter der Wasserfläche Ueberreste von versunkenen Städten, die in Folge von geologischen Bodenveränderungen unter Wasser gerathen sind; vgl. Записки западно-сибирскаго отдѣла Имп. русскаго географич. общ., VI, Омскъ, (Abhandl. der westsibirischen Abtheil. der Kaiserl. russ. geograph. Gesellsch. VI, Omsk) 1884, das Sitzungsprotokoll vom 5. Nov. 1883, p. 20. Ueber dieses und das benachbarte Gebiet vergl. Ritter, Die Erdkunde von Asien, I, Berlin, 1832, p. 394 ff.

1) Tokmak liegt unweit des Ausflusses des Tschu; Pischpek befindet sich gleichfalls in der Nähe desselben Flusses, aber gegen 50 Werst weiter nordwestlich. Der letztere Ort, wo die Hauptmasse der Grabsteine gefunden wurde, liegt gegen 250 Werst westlich von Wjernoje, gegen 540 Werst westlich von Kuldscha und gegen 420 Werst südlich von Kaschgar.

in manchen Grabinschriften mehrere Namen von Verstorbenen, denen ein Grabstein gesetzt wurde.

In der Nähe dieses Friedhofes finden sich Ueberreste von alten Bauten aus Quadratziegeln, wie man deren viele in dem Flussthal des Tschu findet. Hr. Pantussow macht darauf aufmerksam, dass in der Nähe dieses Friedhofes kleine Ulmenhaine, so wie auch einzelne Ulmen sich finden, die in früherer Zeit von der daselbst ansässig gewesenen Bevölkerung angepflanzt worden sein müssen, da diese Baumart in jener Gegend sonst nicht vorkommt. Nach den Aussagen der Kirgisen sollen 20—30 Werst nordwestlich von Pischpek im Flussthale des Tschu grosse mit Kreuzen versehene Steine, so wie auch viele Ueberreste alter Ansiedelungen, sich finden.

In Wjernoje, dem Hauptorte von Semirjetschie, waren es seine Eminenz der Bischof Neophyt und der erwähnte Herr Pantussow, die das meiste Interesse für diesen Fund an den Tag legten; besonders war es Letzterer, der Ausgrabungen an Ort und Stelle machen, viele Grabsteine nach Wjernoje kommen, Copien von vielen Inschriften verfertigen liess und sich überhaupt alle mögliche Mühe gab und noch giebt, die Aufsuchung der Steine weiter zu verfolgen und, soviel es in seinen Kräften steht, Aufschluss über den Inhalt der Inschriften zu erlangen. Da Niemand dieselben an Ort und Stelle entziffern konnte, ja nicht einmal wusste in welcher Schrift und Sprache sie abgefasst sind, schickte er verschiedene Grabsteine und Copien von den Inschriften an verschiedene gelehrte Gesellschaften, so wie auch an die katholischen Missionäre in Kuldscha und, in der Meinung, die Schrift könnte uigurisch sein, sogar an den Lama der Kalmyken daselbst. Letzterer wollte in der unten mitgetheilten, dunkeln Inschrift № XII die buddhistische Gebetsformel Om ma Hom gefunden haben! Der hiesigen archäologischen Commission [1]) hat er drei Grabsteine, welche die unten mitgetheilten Inschriften № VI, IX, XII u. XIII enthalten, und der hiesigen archäologischen Gesellschaft dreizehn Copien von Inschriften zugeschickt. Der Bischof Neophyt theilte auch dem früheren Prof. der hiesigen Universität, Hrn. G. Destunis drei sehr mangelhafte Copien mit, die Letzterer unserer morgenländischen Facultät zugestellt hat. Ich erkannte sie gleich als syrisch-nestorianisch, obgleich ich beim ersten Ansehen nur wenige Worte darin entziffern konnte. Ich bekam dann das ganze hier sich findende Material, von dem ich sogleich sprechen werde, und ich unterzog mich mit Freuden der Arbeit, die mir zu Gebote gestellten Inschriften der gelehrten Welt zugänglich zu machen.

---

1) Die Aufgabe dieser, von Kaiserlicher Munificenz reichlich ausgestatteten Commission besteht darin, archäologische Ausgrabungen zu unternehmen und zu leiten und die Funde zu sammeln und bekannt zu machen.

II.

Die Entzifferung der Inschriften.

Das mir für jetzt zu Gebote stehende, im Vergleich zu dem gefundenen, sehr geringe Material besteht aus Folgendem:

I. Vier Originalinschriften, die sich in der kaiserlichen Eremitage befinden und von denen in der beiliegenden Tafel (№ 3, 5 und 6) ein Abdruck in Phototypie sich befindet. Zwei Inschriften sind auf den beiden Seiten eines einfachen, unbehauenen und ungeglätteten Feldsteines, die dritte ist auf eben einem solchen ziemlich flachen und die vierte auf einem, geebneten aber gleichfalls ungeglätteten Steine eingravirt. Letzterer Umstand erschwert zuweilen die Entzifferung der nicht tief eingravierten Inschriften, da man oft Ritze und Vertiefungen in den ungeglätteten Steinen von den Schriftzügen nicht leicht unterscheiden kann.

II. Vierzehn, mehr oder minder mangelhafte, photographische Abdrücke, 16 Inschriften enthaltend, die ich durch Vermittelung des Hrn. Akademikers W. W. Radlow vom Redakteur der Восточное Обозрѣніе (morgenl. Revue), Hrn. N. M. Jadrinzow erhalten habe und von denen neun (mit 11 Inschriften) von dem obenerwähnten kleineren Friedhofe bei Tokmak herstammen. Von diesen photographischen Abdrücken sind vier recht gut und konnten ohne Schwierigkeiten entziffert werden. Eine ziemlich lange Inschrift von 11 Zeilen, viele türkische Eigennamen enthaltend, ist sehr verwischt, so dass ich sie nicht vollständig lesen konnte (vgl. unten № XXII). In einem andern photographischen Abdruck von fünf Zeilen, den ich habe bedeutend vergrössern lassen, ist die Schrift selbst unter einer sehr starken Lupe kaum sichtbar, so dass ich in ihr nur drei Zeilen mit einiger Sicherheit habe entziffern können (vgl. unter № XV). Die übrigen Abdrücke enthalten nur sehr kurze, zum Theil wohl schon auf den Steinen undeutliche Inschriften von geringem Umfang und zum Theil auch von geringer Bedeutung, so dass ich sechs Inschriften unbeachtet liess.

III. Sieben sehr mangelhafte Copien[1]), die, weil von Personen verfertigt, welche die syrische Schrift nicht kennen, der Entzifferung grosse Schwierigkeiten darboten und in paläographischer Hinsicht ganz werthlos sind.

Die Entzifferung aller dieser Inschriften war mit manchen, anfangs scheinbar unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden. Die erste zu überwindende Schwierigkeit bot der Charakter der Schrift selbst. Alle Inschriften nämlich, von Nestorianern herrührend, sind in dem späteren syrisch-nestorianischen Schrifttypus abgefasst. Die älteren nestorianischen

1) Ich habe eigentlich 13 Copien erhalten, aber von ihnen sind drei von den mir zugänglichen, obenerwähnten Originalen verfertigt; zwei Copien sind mit zwei der erwähnten photographischen Abdrücke identisch.

Handschriften sind ziemlich leicht zu lesen, schwieriger sind die jüngeren, in denen die Schrift starke Neigung zum Cursiv zeigt und wo neue Buchstabenformen vorkommen. In unseren Inschriften aber kommen solche Formen vor, die ich bis jetzt noch nirgends gefunden habe; in syrischen Wörtern konnte der Lautwerth dieser, anderwärts nicht vorkommenden Buchstabenformen aus dem Zusammenhange errathen werden, in den zahlreichen, in diesen Inschriften vorkommenden nicht-syrischen Wörtern und Eigennamen konnte dies nicht leicht geschehen. Zwei Buchstaben kommen auch in diesen Inschriften vor, die gar nicht dem syrischen Alphabete angehören und wahrscheinlich dem Arabischen entlehnt sind, und da der eine dieser Buchstaben bestimmt nur in nicht-syrischen Wörtern vorkommt, war das Erkennen seines Lautwerthes sehr schwierig.

Eine andere Schwierigkeit lag in den zahlreichen, in den Inschriften vorkommenden, türkischen Eigennamen und türkischen Wörtern. Da ich in den syrischen Grabinschriften gar keine türkische Ausdrücke erwartete und ich noch obendrein der türkischen Sprache nicht mächtig bin[1]), bot mir die grosse Anzahl der, mir anfangs völlig unbekannten Worte sowohl für das Lesen, als auch für die Erklärung derselben, grosse Schwierigkeiten dar. Erst mit Hülfe des Hrn. Akademikers W. W. Radlow gelang es mir den Sinn vieler, wenn auch nicht aller türkischen Ausdrücke, zu erfassen und den Lautwerth jenes, nur in türkischen Eigennamen und in türkischen Wörtern vorkommenden Buchstaben zu erkennen. Mit Hülfe desselben Gelehrten ist es mir auch gelungen die, mir anfangs räthselhaft scheinenden Datirungen in diesen Inschriften richtig zu verstehen und zu erklären.

In der Regel geht nämlich bei Angabe des Datums ein ܒܫܢܬ, d. h. «Im Jahre», voran, worauf eine Zahl in Worten oder Zifferbuchstaben nach der seleucidischen Aere folgt. Nach diesem deutlichem Datum kommt häufig noch einmal das Wort ܫܢܬ «Jahr» vor, worauf aber keine Zahl folgt, sondern entweder ein Wort, welches gar nicht syrisch klingt und auch in keinem syrischen Wörterbuche zu finden ist, oder es folgt ein an und für sich völlig verständlicher syrischer Ausdruck, der aber kein Zahlwort, sondern der Name irgend eines Thieres ist, wie z. B. Hase, Pferd, Hahn u. s. w. In einigen Fällen kommt auch ein solcher Thiername in syrischer Sprache vor, worauf die Bemerkung folgt: ܛܘܪܟܝܐܝܬ, d. h. «türkisch» so und so. Es war mir wohl bekannt, dass die Chinesen, Türken, Mongolen und mehrere andere ostasiatische Völker einen zwölfjährigen Cyclus haben, in dem jedes Jahr nach irgend einem Thiere benannt war; aber erstens waren mir die türkischen Namen dieser Thiere nicht bekannt und dann erwartete ich auch eine solche Datirung nicht in syrischen von Christen herrührenden Inschriften, in denen überall die, von den Nestorianern immer gebrauchte, seleucidische Aere an der Spitze aller datirten Grabinschriften sich befindet.

1) Die unten vorkommenden Erklärungen türkischer Eigennamen habe ich zum Theil meinen verehrten Collegen zu verdanken, theils sind sie eigenes Fabricat, verfertigt mit Hülfe des türkisch-tatarischen Wörterbuches von Budagow. Wenn es Leute auf Gotteswelt giebt, die assyrisch-babylonische Keilinschriften mit Hülfe des hebräischen Wörterbuchs von Fürst erklären, ist es sicher auch gestattet, einige türkische Eigennamen mit Hülfe des Wörterbuchs von Budagow zu erläutern.

Erst nachdem ich die türkischen Thiernamen jenes Cyclus erfahren hatte, merkte ich, dass die mir früher unverständlich gewesenen Worte, die auf das Wort ܛܘܪܟܐܝܬ, d. h. «türkisch» folgen, eben jene türkischen Thiernamen des erwähnten 12jährigen Cyclus, und dass die syrischen Thiernamen, welche auf das Wort ܫܢܬ, «Jahr» so und so folgen, nichts Anderes als die syrische — freilich zuweilen auch falsche — Uebersetzungen jener türkischen Thiernamen sind. Es stellte sich dabei heraus, dass bei dieser zweiten Datirung nach jenem 12jährigen Cyclus der Thiername in unseren Grabinschriften bald nur türkisch, bald nur syrisch, bald türkisch und syrisch angegeben ist. Im letzteren Falle sind die türkischen Benennungen in zwei Fällen unrichtig syrisch wiedergegeben, was die Entzifferung erschwert hat[1]).

Zu meinem Bedauern muss ich aber noch bemerken, dass ungeachtet dessen, dass der Schlüssel zur Lösung vieler Räthsel, welche die Entzifferung dieser eigenartigen syrisch-türkischen Inschriften darbieten, auf die angegebene Art gefunden wurde, in denselben noch Manches, wie wir weiter unten sehen werden, dunkel und unklar geblieben ist. Ich will aber hoffen, dass, wenn das jetzt leider noch in weiter Ferne sich befindende, so überaus reiche Material der gelehrten Welt wird zugänglich gemacht werden, auch die noch jetzt ungelöst gebliebenen Räthsel in diesen Inschriften ihre Lösung finden werden.

Ich schreite nun zur Mittheilung der Texte dieser Grabinschriften, die ich, so weit es mir möglich ist, übersetzen und erklären werde, und zwar werde ich zuerst die datirten Inschriften in chronologischer Ordnung mittheilen, worauf die undatirten folgen werden. Zuerst aber muss ich noch Folgendes vorausschicken: auf den Grabsteinen befinden sich Kreuze in verschiedenen Formen eingravirt; die Inschrift ist bald auf zwei, bald auf drei und bald auf allen vier Seiten des Kreuzes angebracht. Da aber die Reihenfolge der Zeilen, so wie auch zuweilen die Zugehörigkeit einzelner Buchstaben nicht immer mit völliger Sicherheit angegeben werden kann, werde ich einige Inschriften, von denen keine Abbildungen auf der beiliegenden Tafel sich finden und bei denen ein solcher Zweifel irgendwie statthaft oder möglich ist, zuerst so mittheilen, wie sie sich auf den Originalen befinden, worauf ich sie in fortlaufenden horizontalen Zeilen noch einmal transscribiren werde.

---

6) Die Thiernamen des 12jährigen Cyclus lauten bei El-Bîrûnî in dessen كتاب الآثار p. ٧٠ wie folgt; 1) سجقان, Siǵqân, die Maus; 2) اود, Od, der Stier; 3) بارس, Bârs, der Tiger; 4) تفشخان, Tefschichân, der Hase; 5) لو, Lû, der Drache; 6) ييلان, Jilân, die Schlange; 7) يونت, Jônt od. Junat, das Pferd; 8) قوى, Kûi, das Schaf; 9) پيجين, Biǵîn, der Affe; 10) تغوق, Tagûq, die Henne; 11) ايت, Eit, od. It, der Hund und 12) تونكز, Tônguz, das Schwein. Bei Ulûg-Bek lauten einige Namen anders; so 1) كسكو, Keskû; 2) اوط, Ot: 4) طوشقان, Tûschqân; 5) لوى, Lui; 7) يوند, Jûnad; 9) پيچين, Pitschîn; 10) داقوق, Dâqûq und 12) طنغوز, Tongûz. Vergl. über diesen Cyclus Ideler, Ueber die Zeitrechnung der Chinesen; in den philosoph.-philologischen Abhandlungen der Königl. Acad. d. W. in Berlin aus dem Jahre 1837; Berlin, 1839, p. 276 ff.

III.

Text und Erklärung der Inschriften.

№ I.

Nach einer Copie.

Die Reihenfolge der Zeilen ist hier nicht ganz sicher. In der Regel beginnt die Inschrift oben über dem Kreuze, schreitet dann links und zuletzt rechts von demselben; diese Reihenfolge ist aber hier nicht passend, und da die datirten Inschriften in der Regel mit dem Datum beginnen, ordnen wir hier die Zeilen auf folgende Weise:

ܫܢܬ ܐܠܦ ܩܣܛ (1
ܗܢܘ (2
ܩܒܪܗ (3
ܕܡܢܓܩܘܬܢܫ ܡܗܝܡܢܐ (4

«Im Jahre 1169 (der seleucid. Aere = 858). Dies ist das Grab des **Mengkûtenesch**, des Gläubigen».

Dieser Eigenname, der mit etwas veränderter, wie es scheint, jüngerer Orthographie auch in der Grabinschrift № XIV vom Jahre 1649 (= 1338) vorkommt, ist echt türkisch,

zusammengesetzt aus منڭو, ewige (als adj.) und طنش, ruhige. Bekannt ist der Name des Mengu-chan, oder richtiger Mengku-chan, des Enkels des Tschingis-chan. Wir werden weiter unten auf die Wichtigkeit dieser Grabinschrift hinweisen, aus der hervorgeht, dass es schon in der ersten Hälfte des IX. Jahrhunderts unter den Nestorianern jener Gegend Christen türkischen Ursprungs gab und dass das Christenthum schon damals bei den türkischen Völkerschaften Eingang gefunden hat.

Es kann nicht zweifelhaft sein, dass die in dieser Inschrift, so wie auch in den folgenden Inschriften gebrauchte Hauptäre die seleucidische sei, da alle bis jetzt bekannten, von den Nestorianern herrührenden Datirungen nach dieser Aere berechnet sind. Ob von dieser Aere, wenn sie auf unsere christliche Zeitrechnung reducirt werden soll, 311, oder 312 Jahre abzuziehen sei, lässt sich nicht immer genau angeben. Schon die Verschiedenheit des Jahresanfangs dieser beiden Aeren macht die genaue Reduction in den Daten, wo der Monat nicht angegeben ist, zweifelhaft. Assemani zieht von den zahlreichen, bei ihm angeführten nestorianischen Datirungen, soweit ich mich erinnere, immer 311 Jahre ab. Aus den in diesen Inschriften häufig vorkommenden doppelten Datirungen: nach der seleucidischen Aere und nach dem obenerwähnten 12jährigen Thiercyclus, geht gleichfalls hervor, dass man von der ersteren nur 311 Jahre abzuziehen hat, um sie auf unsere christliche Aere zu reduciren.

Hier, so wie auch in allen anderen, hier mitzutheilenden Inschriften ist der eigenthümliche Gebrauch des Suffx. d. 3. Pers. ܗ, auf dem kein ܕ folgt, sehr auffallend. Ueberhaupt muss bemerkt werden, dass diese Inschriften keineswegs durch Correctheit der Sprache sich auszeichnen. Die Umgangssprache der nestorianischen Christen jener Gegend ist höchst wahrscheinlich schon damals türkisch gewesen und die Vermuthung liegt nahe, dass das Türkische nicht ohne Einfluss auf die syntaxische Construction der vorliegenden syrischen Texte war.

№ II.

Nach einem photographischen Abdruck.

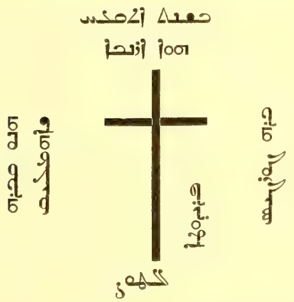
1) ܒܫܢܬ ܐܪܟܒ
2) ܛܠܝܐ ܛܟܝܢ

«Im Jahre 1222 (911). Der Knabe Tekîn».

Das erste Wort der ersten Zeile ist nicht ganz sicher und in Folge dessen auch meine Auffassung der ziemlich deutlichen folgenden Buchstabengruppe als Zahlbuchstaben. Die Richtigkeit meiner Lesung der zweiten Zeile ist mir dagegen unzweifelhaft. Tekîn ist ein häufig vorkommender türkischer Eigenname und kommt auch in Zusammensetzungen, wie z. B. سبكتكين, vor.

№ III.

Nach einem photographischen Abruck; Tafel № 1.



Die Reihenfolge der Zeilen ist unzweifelhaft die folgende:

(1 ܫܢܬ ܐܟܥܚ
(2 ܗܘܐ ܐܪܢܒܐ
(3 ܗܢܐ ܩܒܪܗ
(4 ܫܐܗܡܠܝܩ
(5 ܦܪܝܘܛܐ
(6 ܒܪܗ ܕܓܘܪܓܝܣ
(7 ܠܟܗܘܢ

Der zweite Buchstabe des Datums ist undeutlich. Ich glaubte Anfangs, dass derselbe ein etwas verkürztes ܩ sei; aber das Datum 1178 (= 867) ist hier unmöglich, weil dieses Jahr nicht mit dem Hasenjahre, dem 4. des 12 jährigen Cyclus, sondern mit dem Schweinejahre, dem 12. desselben, correspondirt[1]). Jener zweifelhafte Buchstab muss daher wohl ܟ gelesen werden; das Datum ist somit 1578 (1267), das wirklich dem Hasenjahre wie hier entspricht.

Die 4. Zeile lese ich ܫܐܗܡܠܝܩ, Schâh-Malyq. Ein ܫ mit einem langen nach rechts gezogenen Schweife kommt auch in vielen anderen Inschriften vor. Wahrscheinlich ist ܡܠܝܩ nur ein Schreibfehler statt ܡܠܝܟ. Jedenfalls scheint mir ein mit ܫܐܗ, Schâh, zu-

1) Die hier und bei verschiedenen Gelegenheiten weiter unten zu lesenden Erörterungen über die Correspondenz der christlichen Jahre mit denen jenes 12jährigen Thiercyclus beruhen auf den Tafeln von Ideler l. c. p. 225—240, welche die Zeit von 2597 vor—1333 nach Chr. umfassen.

sammengesetzter Eigenname eher in das 12. als in das 9. Jahrhundert zu passen. Es kommt auch jetzt noch häufig vor, dass Privatpersonen mit Schâh zusammengesetzte Eigenname führen.

In dem mir vorliegenden photographischen Abdrucke sind die diacritischen Punkte des zweiten und vierten Buchstaben in der 5. Zeile nicht sichtbar; ich wusste daher nicht wie das ganze Wort zu lesen sei. Die richtige Lesung desselben verdanke ich Hrn. Prof. Nöldeke, der es ܦܪܝܘܕܘܛܐ liest, d. h. περιοδευτής, was unzweifelhaft richtig ist. Das Amt der περιοδευταί, d. h. der Kirchen-Visitatoren, die im Namen der Bischöfe in den Landkirchen Visitationen anzustellen und in Hinsicht der allgemeinen Aufsicht und anderer kirchlichen Geschäfte die Stelle der Chorepiscopen zu ersetzen hatten, kommt schon in den Canones der Synode von Laodicea (im IV. Jahrh.) vor. Dieses Amt hat sich unter demselben Namen noch in spätester Zeit in der byzantinischen Kirche erhalten. Im Catalog des Ebedjesu wird ܦܪܝܘܕܘܛܐ ܒܘܕ, der Periodeutes Bûd erwähnt, der gegen 570 gelebt und Kalilah-wa-Dimnah aus dem Indischen übersetzt hat. Auch in der syrischen Inschrift von Zebed vom Jahre 512 n. Chr. kommt ein ܦܪܝܘܕܘܛܐ ܝܘܚܢܢ, Johannes Periodeutes vor[1]). Nach Assemani soll das Amt eines Periodeuten bei den Nestorianern ad hanc usque diem existiren[2]), was aber nicht ganz sicher zu sein scheint, da Ebedjesu, der die verschiedenen geistlichen Aemter der Nestorianer aufzählt, das Amt des Periodeuten nicht erwähnt[3]). — Die Bedeutung des Wortes ܐܠܬܘܙ Altûz, dessen Lesung mir ganz sicher zu sein scheint, kenne ich nicht; höchst wahrscheinlich ist es ein Eigenname.

Diese Inschrift ist zu übersetzen:

«Im Jahre 1578 (1267), d. i. das Hasen(jahr). Dieses ist das Grab des Periodeuten Schâh-Malyk, des Sohnes des Giwargîs (Georgius) Altûz».

№ IV.

Nach einer Copie.

Da die Reihenfolge der Zeilen hier nicht zweifelhaft ist, theilen wir diese Inschrift einfach mit. Sie lautet:

ܒܫܢܬ ܐܠܦ (1
ܦܠܛܐܐ (2
ܐܙܪܢ ܐܘܢ ܫܢܐ.. (3
ܫܡܫܐ ܝܘܪܚܢܡ (4
ܗܡܝܢ ܟܢܐ ܢܫ (5
ܢܘܫܬܐ (6

1) S. Monatsber. der Akad. d. W. zu Berlin aus dem J. 1881; Berlin, 1882, p. 180 f. u. Z. d. d. m. G. Bd. 36, 1882, p. 345 u. 348 f.

2) S. Assemani B. O. III, p. 219 u. ib. not. 2.

3) S. Badger, The Nestorians, II, p. 190 u. vgl. ib. p. 403.

Zeile 1 und 2. Es ist auffallend, dass die einzelnen Zahlwörter hier, so wie auch in den meisten hier mitzutheilenden Inschriften, gegen den allgemeinen Sprachgebrauch, unter einander nicht durch ܘ verbunden sind.

Zeile 3. Die ersten beiden Buchstaben dieser Zeile sind in der mir vorliegenden mangelhaften Copie nicht zu entziffern, in Folge dessen mir das ganze Wort unverständlich ist. Da aber das folgende Wort sicher ܐܘܬ, Ôt, lautet, d. h. türkisch der Stier, womit das zweite Jahr des 12jährigen Cyclus gemeint ist, — und das Jahr 1600 = 1289 wirklich mit dem Stierjahre jenes Cyclus correspondirt —, wird wohl das vorangehende, nicht entzifferbare Wort die, freilich falsche, syrische Wiedergabe von Ôt, der Stier, sein. Wir sagen: «falsche Wiedergabe», weil das unleserliche Wort unmöglich ܬܘܪܐ, der Stier, gelesen werden kann. Wir werden aber weiter unten Beispiele vor uns haben, wo die Thiernamen jenes Cyclus syrisch falsch wiedergegeben werden.

In der Buchstabengruppe, welche auf ܐܘܬ folgt, ist der vorletzte Buchstab zweifelhaft. ܐܪܕܝ ist unzweifelhaft ein türkisches Wort = ايردى, fuit. Auffallend ist es, dass die überall vorkommende stereotype Formel: ܗܢܘ ܩܒܪܗ, oder ܗܢܐ ܗܘ ܩܒܪܗ, «dies ist das Grab des», hier fehlt.

Das letzte Wort ist in der Copie höchst undeutlich, aber meine Lesung desselben ist, wie ich glaube, vollkommen sicher.

Diese Grabinschrift ist zu übersetzen wie folgt:

«Im Jahre 1600 (1289) . . . ; es war das Stier(jahr). Ǵîwarǵîs (Georgius) der Priester, der Kirchenvorsteher, der Ruhmreiche».

№ V.

Nach einer Copie.

ܒܫܢܬ . ܐ . ܬ . ܪ ܗܘܐ

1) ܒܫܢܬ . ܐ . ܬ . ܪ ܗܘܐ [ܐܘܬ]

2) ܗܢܘ ܩܒܪܗ

3) ܡܫܝܚܝܬ ܨܦܐ

Hinter ܗܘܐ sollte vielleicht, nach Analogie der anderen Inschriften, ܐܘܬ, Ôt, kommen; denn sonst hat ܗܘܐ hier keinen passenden Sinn; vgl. die vorangehende Inschrift.

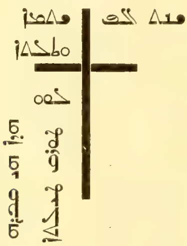
Mas-chût kann ein türkischer, oder auch ein semitischer Eigenname sein, da die Wurzel ܡܣܚ im Aramäischen vorkommt. Die Nestorianer nennen auch jetzt oft den Priester Kaschâ, statt des ursprünglichen Kaschîschâ.

Zu übersetzen:

«Im Jahre 1600 (= 1289), d. i. [das Stierjahr]. Dieses ist das Grab des Priesters **Mas-chût**».

№ VI.

Nach dem in der Eremitage sich befindenden Original; Tafel № 2.



Ich glaube, dass die Reihenfolge der Zeilen hier wie folgt zu ordnen sein dürfte:

(1 ܫܢܬ ܐܠܦ ܫܬܡܐ[ܐ]
(2 ܘطܠܬܐ
(3 ܠܘܘ
(4 ܗܢܘ ܩܒܪܗ
(5 ܬܘܪܦ ܬܚܠܬܐ

ܫܬܡܐ wird in diesen Inschriften oft statt ܫܬܡܐܐ geschrieben. Dass das folgende Wort die Zahl drei ausdrückt, ist mir nicht zweifelhaft; darauf deutet das folgende Wort, wonach das betreffende Jahr in türkischer Sprache Luu, der Drache, heisst, d. h. das Drachenjahr, das fünfte in dem 12jährigen Thiercyclus; dieses Jahr correspondirt wirklich mit dem Jahre 1603. Die anderen Jahre des XVII. Jahrhunderts der seleucidischen Aere, welche mit dem Drachenjahre correspondiren, nämlich 15, 27, 39, 51, 63, 75, 87 und 99, können hier unmöglich gemeint sein. Die Frage ist nur, warum das erste ܬ in dem Zahlworte «drei» nicht so, sondern dafür der arabische Buchstabe ط gesetzt ist. Ich vermuthe, dass die Nestorianer zur Abfassungszeit dieser Inschrift das Zahlwort drei nicht mehr durch ܬܠܬ, sondern, wie die Neusyrer, ungefähr wie ܬ̣ܠܬ aussprachen, und sie mögen deshalb statt des syrischen ܬ̣ ein arabisches ط gesetzt haben, um dadurch einen Laut auszudrücken,

der nicht ganz dem syrischen ܛ entspreche. Wir werden weiter unten noch ein Beispiel finden, wo diese Nestorianer ein arabisches ك gebrauchen, um dadurch einen eigenthümlichen türkischen Ka-Laut auszudrücken, der weder ihrem ܟ, noch ihrem ܩ entspricht. Ich halte es übrigens nicht für unmöglich, dass dieser sonderbare Buchstab nichts anderes als ein durch eine sonst ungewöhnliche Ligatur verunstaltetes syrisches ܬ sei. Eine ähnliche Form hat das gleichfalls mit dem folgenden Buchstaben verbundene ܬ im Cod. 14542 des Br. Museum, von dem Wright in seinem Catalog Pl. IV. ein Specimen mittheilt. — Das ܐ am Ende dieses Zahlwortes ist einfach ein grammatischer Fehler des Schreibers.

Das Drachenjahr heisst bei el-Bîrûnî لو, lû, sonst heisst der Drache türkisch لوى, lui, aber uigurisch heisst er nach Budagow wie hier luu.

Die Erklärung der 5. Zeile ist schwierig. ܛܝܠܬܐ ܛܘܪܩ kann nicht heissen «türkische Sprache», was in Verbindung mit ܠܗܘ hier einen guten Sinn gäbe; denn der Name der Türken wird niemals mit ܩ, ق, sondern immer ܟ, ك geschrieben; ja Hr. Akad. Radlow versicherte mich, dass dieser Name, wegen des vorangehenden Vocals, gar nicht mit einem starken k geschrieben werden könne. ܛܘܪܩ, Tûrk, muss also als ein Eigenname aufgefasst werden. Was aber ܛܝܠܬܐ anbetrifft, so sind hier zwei Vermuthungen gestattet: es ist möglich, dass ܛܝܠܬܐ einfach ein Schreibfehler statt ܛܠܝܬܐ, «das junge Mädchen», sei. Es ist aber auch möglich, dass der Türkisch sprechende Verfasser der Inschrift, der als Türke keine zwei Consonanten im Anlaute aussprechen konnte, tîltho statt tlîthô sprach und auch so schrieb. Demnach ist diese Grabinschrift zu übersetzen:

Das Jahr 1603 (= 1292). **Luu** (der Drache, d. h. das Jahr 1603 ist das Drachenjahr, das fünfte des 12jährigen Cyclus). Dieses ist das Grab des jungen Mädchen **Tûrq**».

№ VII.

Nach einem photographischen Abdruck; Tafel № 3.

(1 ܛܘܪܒܠܝܬ ܟܘܢ
(2 ܒܫܢܬ ܐܠܦ ܘܫܬܡܐ[ܐ]
(3 ܬܫܥܝܬ ܫܢ̈ܝܢ ܗܘܐ ܘܫܬ
(4 ܩܒܪܐ ܗܕܐ ܗܘ
(5 ܡܒܪܗ ܕܘܠܝܐ
(6 ܠܠܡܬܐ ܕܡܫܝܚܬܐ
(7 ܒܠܬܐ ܢܘܣܝܡ ܒܘܪ[=]
(8 ܐܦܣܩܘܦܐ

Obgleich die erste obere Zeile sich nicht auf der richtigen Stelle befindet und, nach der Analogie vieler anderen Inschriften, hinter dem ersten Worte der vierten Zeile ihren

Platz hat, behalte ich dennoch die Zeilenordnung der Inschrift, werde dieselbe aber dem Sinne nach übersetzen.

«Im Jahre 1618 (1307), das ist das **Schafjahr**, türkisch **Kûi**. Dieses ist das Grab der **Julia**, der lieblichen Jungfrau, der Braut des Chorepiscops **Jûchanan**» (Johannes).

Es ist auffallend, dass das Schafjahr hier ܩܘܝ geschrieben wird, während es türkisch قوى heisst.

Aus dieser Inschrift ersieht man, was übrigens auch sonst bekannt ist, dass selbst höhere nestorianische Geistliche verheirathet waren. Dies wird auch von den katholischen Missionären des XIII. Jahrhunderts bezeugt. Wir ersehen aber zugleich daraus, dass auch die zweite Ehe selbst bei der höheren Geistlichkeit gestattet war; vergl. Badger, The Nestorians, II, p. 178 ff. u. ib. p. 412.

№ VIII.

Nach einem photographischen Abdruck; Tafel № 4.

Da ein Fac-simile dieser Inschrift hier beigegeben, wollen wir dieselbe hier in fortlaufenden Zeilen mittheilen.

1) ܫܢܬ ܐܠܦ ܘܫܬܡܐܐ
2) ܥܣܪܝܢ ܘܫܒܥ ܗܘܐ ܫܢܬ
3) ܐܟܠܝܐ ܛܘܪܟܝܬ ܠܘܘ
4) ܗܢܘ ܩܒܪܗ ܫܠܝܚܐ ܡܦܫܩܢܐ
5) ܛܒܝܒܐ ܘܡܟܪܙܢܐ ܘܐܢܗܪ
6) ܠܟܠܗܘܢ ܕܝܪܬܐ ܒܢܘܗܪܐ
7) ܒܪܗ ܦܛܪܘܣ
8) ܡܦܫܩܢܐ
9) ܫܒܝܚܐ ܕܚܟܡܬܐ
10) ܪܡ ܩܠܗ ܐܝܟ ܫܝܦܘܪܐ
11) ܡܢ ܢܚܟܬ ܠܪܘܚܗ ܕܗܘܬܐ
12) ܠܡܪ ܒܐܢܐ ܘܐܒܗܬܐ
13) ܢܬܗܡܡ ܒܟ ܐܝܬܘܬܐ (l. ܐܝܬܘܬܐ)

«Das Jahr 1627 (1316), das ist das Jahr der Eclipsis, türkisch **luu** (der Drache). Dieses ist das Grab des **Schelîchâ**, des berühmten Exegeten und Predigers, welcher erleuchtet hat alle Klöster durch das Licht, der Sohn des Exegeten **Petrus**. Gepriesen an Weisheit, erhoben war seine Stimme wie eine Trompete.

Unser Herr möge vereinigen seinen erleuchteten Geist mit den Gerechten und den Vätern; er möge theilhaftig werden alles Glanzes».

Aus dieser Inschrift kann man ersehen, dass die Angaben der katholischen Missionäre des XIII. Jahrhunderts über die angebliche Unwissenheit der nestorianischen Geistlichkeit der Wahrheit nicht entsprechen.

Zeile 3. Es ist auffallend, dass das türkische luu, der Drache, nicht durch das entsprechende syrische ܬܢܝܢܐ, sondern durch das dunkele Wort ܐܬܠܝܐ wiedergegeben wird, das nach den syrischen Lexicographen: Sonnen- oder Mondfinsterniss bedeutet. Am 22. April des Jahres 1316 hat in der That eine sehr starke Sonnenfinsterniss stattgefunden, die in der Gegend, wo diese Inschriften gefunden wurden, sichtbar war. Es kann nun sein, dass diese Himmelserscheinung auf die Bewohner jener Gegend einen so gewaltigen Eindruck hervorgebracht hat, dass dieselben es für gut fanden, das Jahr dieses Ereignisses auf einem Grabsteine zu vermerken.

ܫܒܚܐ ܕܚܟܡܬܐ, wörtlich: «gepriesen an Weisheit» im Sinne von: «von preiswürdiger Weisheit»; vergl. das arabische محمود الحكمة.

Die Phrase Zeile 10 scheint nach Is. 58,1 und Apocal. I, 10 gebildet zu sein.

Die Redensart Zeile 11 kommt in ähnlicher Verbindung in den von Rub. Duval edirten syrischen Grabinschriften von Chosrâwa aus dem Jahre 1771 (= 1460 n. Chr.) vor[1].

Die letzte Zeile ist schwierig. Nach ܢܬܫܡܫ — das statt ܢܬܬܫܡܫ, stehen mag — erwartet man eine Präposition wie ܒ, oder ܥܠ, die hier fehlt. ܪܘܡܐ, wo das ܝ nach unten gezogen ist wie in ܢܬܫܡܫ, ist nicht richtig und es muss ܪܘܡܬܐ heissen im Sinne von «Erhabenheit, Glanz».

Sehr beachtungswerth ist die aus Zeile 5 und 6 hervorgehende Thatsache, dass es zur

---

1) S. Journ. Asiat. VIII, 5, 1885, p. 39 ff., bes. p. 48. Bei aller Achtung vor den grossen Verdiensten des Herrn Duval auf dem Gebiete der aramäischen Sprachforschung, glaube ich bemerken zu dürfen, dass er in den von ihm l. c. edirten syrischen Inschriften die Daten unrichtig berechnet hat. Nach ihm stammen nämlich die Inschriften I und II aus dem J. 697, III stammt aus dem J. 787, IV aus dem J. 1672, VII aus d. J. 1770 und VIII aus d. J 1642 n. Chr. Herr Duval berechnet nur die Daten nach der seleucid. Aere, bei denen ausdrücklich ܠܝܘܢ angegeben ist, die anderen dagegen, wo dies nicht der Fall ist, berechnet er nach unserer Aere. Dieses ist, glaube ich, unrichtig; denn die Nestorianer und fast alle orientalischen Christen haben früher fast immer nach der seleucidischen Aere gerechnet, was auch in den hier erklärten Grabinschriften der Fall ist, obgleich nur an einziger Stelle (№ XXII) diese Aere ausdrücklich genannt wird (vgl. oben oben p. 8). Herr Duval hat auch in den Inschriften № I und II ܬܫܥܐ als Zahlwort aufgefasst, wodurch er das Datum 697 n. Chr. gewann, wobei er sich genöthigt sah, das ܐ an beiden Stellen als grammatischen Fehler zu erklären. In der Wirklichkeit ist das Datum 1771 = 1460 n. Chr. Aus paläographischen Gründen kann man diese Inschriften unmöglich so hoch hinaufrücken; denn ܕ und ܪ mit dem nach links gebogenen Fusse gehört einer relativ späten Zeit an und kommt in keiner alten Handschrift vor. Nach meiner Auffassung der Daten stammt die Inschrift № VIII vom Jahre 1642 = 1331, die № IV v. J. 1672 = 1361; № I und II v. J. 1771 = 1460 und № III v. J. 1908 = 1597. Nach dieser Annahme ordnen sich alle diese Inschriften paläographisch sehr gut und die älteren unter ihnen stimmen auch in graphischer Beziehung mit unseren so ziemlich überein. Ich denke, dass Hr. Duval seine, auf Grund seiner, wie ich glaube, unrichtigen Berechnung der Daten gemachten Folgerungen bedeutend rectificiren dürfte.

Abfassungszeit dieser Inschrift viele nestorianische Klöster in jener Gegend gegeben haben muss. Auf der Catalanischen Karte von 1375 ist südlich vom Issyk-Kul verzeichnet: «ein armenisches Kloster des St. Matth.»; es wird wohl ein nestorianisches Kloster gewesen sein, da es nicht wahrscheinlich ist, dass Armenier in dieser Gegend ein Kloster gehabt haben sollten.

№ IX.

Nach dem Originale in der Kaiserlichen Eremitage, das während des Druckes hier angelangt ist.

Da die Reihenfolge der Zeilen nicht zweifelhaft ist, theilen wir diese Inschrift einfach mit.

ܒܫܢܬ ܐ̈ܟܛ (1
ܦܠܛܐ ܟܣܪܝܡ ܬܘܓ (2
ܗܘܐ ܦܝܠ ܣܘܣܝܐ (3
ܗܕܐ ܗܘ (4
ܩܒܪܗ (5
ܟ̰ܘܛܠܘܟ 6)
ܛܝܪܝܡ ܡܗܘܡܢܐ (7

«Im Jahre 1629 (1318), das ist das Pferdejahr, (das 7. Jahr im 12jährigen Cyclus). Dieses ist das Grab des **Kûtlûk Tîrîm**, des Gläubigen».

Kûtlûk ist ein, auch in diesen Inschriften öfters vorkommender Eigenname (vergl. № XV, XIX, XXI und XXII) und bedeutet «der Glückliche». Ueberall wird das erste **k** in diesem Namen durch ein arabisches ݣ ausgedrückt[1]); statt des letzten **k** steht in einigen Inschriften (№ XIX und XXII) ein syrisches ܓ̰, g. Hier, so wie auch № XV und XXI wird das letzte **k** durch ܟ und nicht durch ein Kaf finale ausgedrückt, wahrscheinlich um dadurch anzudeuten, dass der betreffende Buchstabe wie **k** und nicht wie **ch** auszusprechen sei. Auf eine ähnliche Weise verfahren die Karäer in der Krim, die in nichthebräischen Eigennamen am Ende oft כּ und פּ statt ך und ף setzen, um dadurch anzuzeigen, dass diese Buchstaben wie **k**, resp. **p**, und nicht wie **ch**, resp. **f**, auszusprechen seien.

Die beiden Namen zusammen: **Kûltûk Tîrîm**, die etwa «der glückliche Tîrim» bedeuten könnten, kommen auch in der undatirten Inschrift № XXI, vor. ܡܗܘܡܢܐ steht fehlerhaft statt ܡܗܝܡܢܐ.

---

1) Auf dem Originale sieht man deutlich, dass der Schreiber zuerst ein syrisches ܟ schrieb und diesen Buchstaben dann, durch Hinzufügung eines Striches rechts, in ݣ veränderte. Dieser, dem syrischen Alfabet fremder Buchstabe kommt noch in den Inschriften XI, XII, XIII. XV, XVIII, XXI und XXII vor. Dass er wie **k** auszusprechen und somit dem arab. ک, oder dem pers. گ entspricht, ist aus den meisten Stellen, wo er vorkommt, deutlich zu ersehen.

№ X.

Die Reihenfolge der Zeilen ist nicht zweifelhaft.

(1 ܫܢܬ ܐܠܦ ܘܫܬܡܐܐ
(2 ܘܬܠܬܝܢ ܘܚܡܫ
(3 ܗܢܐ ܗܘ
(4 ܩܘܪܗ .ܠܐ
5) ܟܘܝܕ ܡܗܝܡܢܬܐ

Zeile 4, ܩܘܪܐ statt ܩܒܪܐ ist nach der neusyrischen Aussprache des b = w, wonach aus Gabriel zuerst Gawriel, dann Gauriel und zuletzt Guriel wurde; vergl. in der folgenden Inschrift, wo ܓܠܘܐ statt ܓܠܒܐ geschrieben ist, also ܘ statt ܒ.

Auf ܩܘܪܗ folgen drei Buchstaben, von denen die beiden letzteren sicher ܠܐ lauten; der erstere ist vielleicht wie ܕ zu lesen. Der letzte Buchstab des folgenden Wortes (Zeile 5) hat keinen diacritischen Punkt und es ist daher zweifelhaft, ob er wie ܕ, oder wie ܪ zu lesen ist. Das letzte Wort steht fehlerhaft ܡܗܝܡܬܐ statt ܡܗܝܡܢܬܐ. Zu übersetzen ist diese Inschrift wie folgt: «Im Jahre 1635 (1324). Dieses ist das Grab der Gläubigen .lâ-Kuid» (oder Kuir).

№ XI.

Nach einer Copie.

ܫܢܬ ܐܠܦ ܘܫܬܡܐܐ
ܘܬܠܬܝܢ ܘܬܡܢܝܐ ܗܘܐ

Die Reihenfolge der Zeilen ist folgende.

(1 ܒܫܢܬ ܐܠܦ ܘܫܬܡܐ
(2 ܘܬܠܬܝܢ ܘܬܡܢܐ ܗܘܐ
(3 ܫܢܬ ܐܪܢܒܐ
(4 ܛܘܪܟܐܝܬ ܦܘܚܝܢ
(5 . .
(6 ܗܢܘ ܩܒܪܗ
(7 ܕܝܘܚܢܢ ܐ . . ܟܝ
(8 ܐܟܦܐܫ ܒܪܗ
(9 ܕܙܠܝܘܐ ܪܝܫ ܥܕܬܐ

«Im Jahre 1638 (1327), das ist das Hasenjahr, türkisch Pütschin . . . Dieses ist das Grab des Jûchanan A . . ki Akpasch, des Sohnes des Zalîwâ, des Kirchenvorstehers».

Der Verfasser dieser Inschrift hat in der Jahresangabe des 12jährigen Cyclus einen Irrthum begangen. Das Jahr 1638 correspondirt allerdings wirklich mit dem Hasenjahre; falsch ist es aber, wenn er sagt, dass Arnûba, der Hase, türkisch Pütschin heisse; denn dieses ist doch unzweifelhaft mit بيجين und بيچين identisch, was der Affe bedeutet. Das Affenjahr ist das neunte in jenem Cyclus und entspricht den Jahren 1631 und 1643; das Hasenjahr, das 4. in jenem Cyclus, heisst türkisch تفشخان, Tafschchân, oder طوشقان Tauschkan, mongolisch Tuulai. Man sieht daraus, dass die Namen der Jahre jenes Cyclus den Nestorianern nicht geläufig genug waren, so dass der Verfasser dieser Inschrift ein solches Versehen begehen konnte[1]).

Unter dem Worte ܦܘܚܝܢ findet sich in der, im Ganzen recht schlechten Copie ein Gekritzel von einigen Buchstaben, die ich nicht entziffern kann und die vielleicht nur einigen Ritzen im Steine ihren Ursprung verdanken. Der 2. und 3. Buchstabe in dem Worte Zeile 5, welches auf Juchanan folgt, sind in der Copie nicht zu entziffern. Der Name ܙܠܝܘܐ Zalîwâ ist offenbar eine neuere Form des bekannten und häufigen syrischen Namen ܙܠܝܒܐ, Zalîbâ, also auch hier *w* aus *b* (vergl. oben № X).

Ob das Wort «Kirchenvorsteher» sich auf den Vater, oder auf den Sohn bezieht, muss ich unentschieden lassen.

№ XII.

Nach dem Original in der Kaiserlichen Eremitage; Tafel № 5.

Obgleich nur wenige Buchstaben in dieser Inschrift zweifelhaft sind, ist das Verständniss derselben dennoch schwierig, ja nicht einmal die Reihenfolge der Zeilen kann

1) Vergl. oben № IV und unten № XII und XIII.

mit Sicherheit angegeben werden. Wir wollen sie versuchsweise auf folgende Weise ordnen[1]).

ܐܠܦܝܢ ܗܘܐ (1
ܫܢܬ ܬܪܢܓܘܠܐ ܬܘܪ (=) (2
ܒܐܝܬ ܬܓ ܟܐܒܘ (3
ܗܢܐ ܩܒܪܗ (4
ܣܢ ܕܐ ܝܘܟ (5
ܐܣܟܘ (=) (6
ܠܝܐ (7
ܦܐܪܐܟ ܬܒܝܡ (8
ܬܠܡܬܐ ܡܦܫܩܢ (9
ܬܠܡܐ ܒܘܐܪܙܘܟ (10
ܡܩܣܩܘܪܦܢ (11
ܟܠܟܠܝܐ ܐܛܒ (ܐܠܦ ?) (12

Zeile 1—3) ܐܠܦܝܢ ist eine Zahl, d. h. 1644 = 1333, der auffallender Weise hier, wie auch in der folgenden Inschrift, kein ܒܫܢܬ, «Im Jahre» vorangeht. Das Jahr 1644 = 1333 entspricht dem Jahre des 12jährigen Cyclus, welches die Henne hiess; hier alttürkisch ܬܓ ܟܐܒܘ, Tagakû, bei el-Bîrûnî تغقو, bei Uûg-Bek داقوق[2]). Dieser Name ist unrichtig durch ܬܪܢܓܘܠܐ, der Hahn, statt ܬܪܢܓܘܠܬܐ, die Henne, wiedergegeben.

Zeile 4) Sân-dâ-jûk ist höchst wahrscheinlich ein Eigenname. Mein Freund, Herr Akad. Kunik theilte mir mit, dass ein alter Fürst der Donau-Bulgaren, deren alte Dynastie türkischen Ursprungs war, Sanduk hiess. Auch der russische Reisende Sievers verkehrte im Jahre 1793 mit einem Kalmücken-Sultan, der Sandük hiess. Da dieser Name in so entfernten Gegenden und in so entfernten Zeiten bei verschiedenen türkisch-mongolischen Stämmen vorkommt, muss er auch sehr verbreitet und nicht ungewöhnlich gewesen sein. Wir haben wohl hier die ursprüngliche und echte Form desselben; vergl. die folgende Inschrift, wo ein ähnlicher aus Sân und Juk (oder Jôk) zusammengesetzter Eigenname vorkommt.

Zeile 6 und 7) ܐܣܟܘܠܝܐ, das im Original viel deutlicher ist als in der beiliegenden Tafel und das ich wohl an die richtige Stelle gesetzt habe, kann sing. oder pl. sein, und da

1) Wie die Zeilen auf dem Original placirt sind kann man auf der beiliegenden Tafel № 5 ersehen.

2) Hr. Acad. W. Radlow, dem ich für seine gütigen Rathschläge in Bezug auf die türkischen Elemente der vorliegenden Inschriften nicht genug danken kann, hatte die Güte die folgende Bemerkung hinzuzufügen: «Uigur. tagu. Dschag. taguk. Alt. takka. Mong. taugak. Koman. Kirgis. Kasan. tauk, Henne, oder das deutsche Huhn (das Geschlecht); vergl. z. B. Kirgis. aigyr tauk (Huhn-Hengst = Hahn). Im Jarlyk des Tochtamisch steht: ﺘﻐﻘﻮ das Jahr tagagu».

es sicher kein türkisches, sondern ein syrisches Wort ist, kann es nur durch «Schüler» übersetzt werden.

Zeile 10) Der sonderbare Buchstab, der hier auf ܦܘܐ folgt, kann vielleicht ܕܘ gelesen werden, wobei der Fuss des ܕ möglicher Weise aus Mangel an Raum nach unten gezogen wurde; für alle Fälle ist aber die Existenz des ܕ hier zweifelhaft.

Zeile 11) Der drittletzte Buchstabe ist wohl ein ܒ und kein ܟ. Schwerlich konnte ein Christ Mûsûrmân heissen.

Zeile 12) Der Lautwerth der beiden letzten Buchstaben ist sehr zweifelhaft; vielleicht sind sie atai zu lesen. Folgende Uebersetzung dieser Inschrift soll nur als ein Versuch einer solchen sein.

«(Im Jahre) 1644 (1333), das ist das Hahnjahr, türkisch **Tagakû**. Dieses ist das Grab des Schülers **Sân-dâ-jûk**, des **Pazaktekin**, des jungen Mädchen **Mariam**, des Knaben **Puawa(za)gû** (?), des **Musurkan**, des **Likta-atai** (?), . . .».

Wir erinnern an die Mittheilung des Hrn. Pantussow, dass man in manchen Gräbern einige Skelette gefunden, worin die Erklärung für die vielen, in dieser Inschrift vorkommenden Namen zu finden ist.

№ XIII.

Nach dem Originale in der Kaiserlichen Eremitage; Tafel № 6.

Diese Grabinschrift findet sich auf der anderen Seite desselben Grabsteines, auf welchem die vorangehende Inschrift zu lesen ist. Die Zeilenfolge ist hier sicher.

(1 ܐܠܪܦܘܗ ܗܘܐ
(2 ܫܢܬ ܥܘܩܒܪ ܬܘܪܟܐܝܬ
(3 ܣܟܐܢ
(4 ܗܢܘ ܩܒܪܗ
(5 ܣܐܢ ܕ ܪ (?) ܒܘܟܐܢ

Zeile 3) ܣܟܐܢ entspricht سچقان bei el-Bîrûnî und bedeutet die Maus. Das Mäusejahr bildet das erste des 12jährigen Cyclus. Dieses Datum kann aber unmöglich richtig sein; denn wenn das Jahr 1644 ganz richtig — wie unter Anderem auch aus № VIII und IX zu ersehen ist — dem Jahre der Henne, d. h. dem 10. jenes Cyclus entspricht, correspondirt das Jahr 1645 mit dem Jahre des Hundes, türkisch ايت, Eit. Wir sehen also hier wiederum, dass die Angaben in unseren Grabinschriften über die entsprechenden Jahre jenes 12jährigen Cyclus nicht immer genau sind (vergl. oben № XI).

Zeile 5 entspricht theilweise Zeile 5 der vorangehenden Inschrift. Die beiden sonderbaren Buchstaben, welche auf ܣܐܢ folgen, sind wohl wie ܕܪ dar, zu lesen. Den ganzen

Namen möchte ich umschreiben: Sân-dar Jôkai, ein Name, der mit einer winzigen Veränderung noch jetzt in Ungarn vorkommt, nämlich: Sandor = Alexander und Jokai, ein europäisch berühmter Name, womit ich übrigens nicht behaupten will, dass diese beiden gleichlautenden Namen auch eines Ursprungs wären. Ob Sân-dar in unserer Inschrift ebenfalls nur eine Abkürzung von Alexander sei, will ich unentschieden lassen, mache aber darauf aufmerksam, dass die Juden den bei ihnen seit Alexander dem Gr. gebräuchlichen Namen Alexander seit Jahrhunderten in Sender verkürzen.

Zu übersetzen wie folgt:

«(Im Jahre) 1645 (= 1334), d. i. die **Maus** (d. h. das Mäusejahr, das 1. des Cyclus), türkisch **Sizkân**. Dieses ist das Grab des **Sân-dar Jôkai**».

№ XIV.

Nach einer Copie.

Die Reihenfolge der Zeilen in dieser Grabinschrift ist nicht zweifelhaft.

1) ܫܢܬ ܐܠܦܚܡܛ
2) ܗܢܘ ܩܒܪܗ
3) ܠܢܣܛܘܪܝܣ
4) ܩܫܐ (statt ܩܫܝܫܐ)
5) ܒܪܗ ܕܡܢܓܘܛܢܫ
6) ܡܗܝܡܢܐ ܡܢܟܘܡܟܡܘܬܢܐ

«Im Jahre 1649 (1338). Dieses ist das Grab des Priesters **Nestôrîs** (Nestorius), des Sohnes des **Mengûtenesch**, des Gläubigen . . . .».

Ueber den Eigennamen Mengûtenesch, der oben № I, Mengkûtenesch lautet, vergl. oben pag. 7 f.

Das letzte Wort, welches ein syrisches Aussehen hat, ist sicher falsch copirt; denn einen Stamm נכם kennen die aramäischen Dialecte nicht. Der zweite Buchstab ist in der Copie ziemlich klein, so dass man ihn an und für sich auch als ein ܝ ansehen könnte; aber der vorletzte Buchstab in dem vorangehenden Worte, der doch sicher ein ܢ ist, ist in der Copie eben so klein wie hier. Wollte man hier ܡܟܘܡܟܡܘܠܢܐ lesen, wäre es immerhin eine ganz monströse Afelform von ܟܘܡ, schwarz sein.

№ XV.

Nach einem photographischen Abdruck.

Das Original dieser Grabschrift scheint sehr schwach im Stein eingravirt zu sein, so dass man auf dem photographischen Abdruck, den ich bedeutend habe vergrössern lassen,

selbst durch starke Vergrösserungsgläser, nur sehr schwache Spuren von Buchstaben sehen kann. Ich transcribire diese Inschrift wie folgt:

(1 ܒܫܢܬ ܐܟܗ ܦܛܐܐ
(2 ܘܙܟܠܡ ܘܣܟܦ ܙ[ܘܪܒܐܢܠ]
(3 ܣܓܟܠ
(4 ܗܢܘ ܩܒܪܗ ܢܟܠܒ ܟܘܙܠܟܘܒ
(5 ܩܫܝܫܐ

Zeile 2 und 3 ist unsicher, dagegen glaube ich Zeile 1, 4 und 5 richtig entziffert zu haben. Zu übersetzen:

«Im Jahre 1635 (?) (1324), türkisch Sizkân (?) (d. h. das Mausejahr, das erste des 12jährigen Cyclus). Dieses ist das Grab des Priesters **Jôlî-Kûtlûk**».

Der türkische Eigenname Jôlî-Kûtlûk bedeutet: der, dessen Pfad glücklich ist.

№ XVI.

Nach einer Copie.

Diese Inschrift befindet sich senkrecht, rechts und links vom Kreuze und lautet:

(1 ܗܢܘ ܩܒܪܗ
(2 ܟܘܡܘܫ ܡܗܝܡܢܬܐ

«Dieses ist das Grab der Gläubigen **Kümüsch**».

Kümüsch bedeutet türkisch Silber, und wurde, wie wir sehen, als ein weiblicher Eigenname gebraucht.

№ XVII.

Nach einer Copie.

Auch diese Inschrift ist senkrecht rechts und links vom Kreuze eingravirt und lautet:

(1 ܗܢܘ ܩܒܪܗ
(2 ܐܝܡܢܓܘ ܛܠܝܐ

«Dieses ist das Grab des Knaben **Aimangû**».

Aimangû ist ein türkischer Eigenname und ist vielleicht aus آي, Mond und منكو, adj. ewige, zusammengesetzt.

№ XVIII.

Nach einer Copie.

Diesees Inschrift ist über dem Kreuze und von beiden Seiten desselben senkrecht eingravirt. Sie lautet:

1) ܗܢܘ ܩܒܪܗ
2) ܛܘܠܛܢܐ
3) ܟܘܫܛܢܝ

Die mir vorliegende Copie dieser Inschrift ist sehr mangelhaft, so dass die Richtigkeit der hier gegebenen Transcription zweifelhaft ist. Der 3. Buchstabe der 2. Zeile ist vielleicht ein ܢ; der 5. ist in der Copie gegen die Regel mit dem vorangehenden Buchstaben nicht verbunden und ist daher vielleicht nicht als ܢ anzusehen. Hinter den letzten Buchstaben findet sich in der Copie ein etwas nach links gebogener Strich, der, wenn er mit einem Punkte oben oder unten versehen wäre, man ihn wie ܕ oder ܪ zu lesen hätte. Es ist aber auch möglich, dass er nur einer örtlichen Beschädigung des Steines seinen Ursprung zu verdanken hat. Der 3. Buchstabe der 3. Zeile ist vielleicht wie ܣ, zu lesen. Das Ganze ist zu übersetzen:

«Dieses ist das Grab der **Tôlutânâ Kûschtânaz**» (oder Kuchtanaz).

Tôlutânâ könnte, nach der Meinung des Hrn. Akademikers W. W. Radlow, ein Frauenname sein mit der Bedeutung «die volle Perlmutter». Ist der zweite Name, der im Türkischen keine Etymologie hat, vielleicht nur eine syrische Transcription des Namens Constantia?

№ XIX.

Nach einem photographischen Abdruck.

Auf diesem Grabsteine finden sich zwei Kreuze, und zwar unten ein grosses und oben ein kleines. Die sehr undeutliche Inschrift ist wie folgt geordnet:

Zu lesen wie folgt:

1) ܒܝܬ ܢܝܚܬܐ

2) .... ܟܪܝܬܠܘܓ

3) ܓܝܘܪܓܝܣ

Die beiden letzten Buchstaben der ersten Zeile sind fast unsichtbar, aber dennoch ziemlich sicher. In den von R. Duval mitgetheilten syrischen Grabinschriften kommt der Ausdruck ܒܝܬ ܢܘܚܐ vier mal vor[1]). Die ersten 3 oder 4 Buchstaben der 2. Zeile sind ganz verwischt. In dem folgenden Worte ist nur ܬܠܘܓ ziemlich sicher. Zu übersetzen:

«Das Haus der Ruhe des .... **Keritlûg Ǵiwarǵis**» (Georgius).

№ XX.

Nach einem photographischen Abdruck.

Diese in alterthümlicher Schrift abgefasste Inschrift ist theilweise zerstört. Das Kreuz hat hier eine ungewöhnliche Form und die Inschrift ist senkrecht und links von demselben placirt. Die Reihenfolge der Zeilen ist:

1) ܗܢܘ [ܩܒܪܗ]

2) ܓܝܘܪ[ܓܝܣ]

3) ܩܫܝ[ܫܐ]

4) ܩܒܝ . ܐ (oder ܩܒܚܐ)

«Dieses ist [das Grab] des Priesters **Ǵîwarǵîs** (Georgius) Kbîa» (oder Kabcha?). Wie das letzte Wort zu lesen ist, weiss ich nicht, besonders da die beiden letzten Buchstaben sehr zweifelhaft sind.

№ XXI.

Nach einem photographischen Abdruck.

Diese Inschrift besteht aus drei Zeilen, von denen die eine — wohl die erste, die vielleicht das Datum enthalten hat — bis auf einige wenige Buchstaben unleserlich ist[2]). Die beiden ziemlich gut erhaltenen Zeilen lauten:

1) ܗܢܘ ܩܒܪܗ

2) ܟܘܬܠܘܟ ܬܝܪܝܡ[3])

«Dieses ist das Grab des **Kûtlûk** Tirim». Vergl. oben № IX und XV.

---

1) S. Jour. As. VIII, 5, 1885, p. 44, 47, 49 u. 58.

2) Lesbar sind die Buchstaben: ܩܒܗ ܐ . . ܐ .

3) Dieser letztere Name ist im Original wenig deutlich; ein ܝ nach dem ܬ ist nicht zu sehen.

№ XXII.

Nach einem photographischen Abdruck.

Diese Inschrift besteht aus elf langen Zeilen, aber der photographische Abdruck ist sehr schlecht gemacht, und da der Inhalt der Inschrift, soweit man sehen kann, vorzugsweise aus türkischen Worten und türkischen Eigennamen besteht, kann ich den Lautwerth der undeutlichen Buchstaben nicht errathen.

Die erste Zeile, welche wahrscheinlich ein Datum enthielt, ist abgebrochen. Das erste Wort der zweiten Zeile ist deutlich zu lesen ܐܠܟܣܢܕܪܘܣ, d. h. Alexandros; dieses Wort mag somit den Schluss des Datums gebildet haben, welches lautete: Im Jahre so und so nach Alexander, d. h. der seleucidischen Aere. Diese Datirungsweise kommt bei den Nestorianern häufig vor. Aus dem Folgenden theile ich hier die Worte und Buchstbaen mit, die mir mehr oder minder sicher zu sein scheinen, in der Hoffnung, dass tüchtige Kenner des Türkischen das Fehlende vielleicht durch Combinationen ergänzen werden.

1) ܐܠܟܣܢܕܪܘܣ ܟܐܪܘܣܐܟ
2) ܡ . ܢ ܐܠܬܘܢ ܝܘܙ ܟܪܟ ܣܐܟܙ
3) ܐܪܝܕ. ܬܘܪܩܘܝܠ ܝܠ. ܐܘܕܐ
4) ... ܟܘܬܠܘܓ ܬܘܩ . ܒܐܪܝ . ܝܘܬܣܘ ..
5) ܒܘܬܝܫܝܢ . ܩܘܬܠܝܓ ܒܩܐ .. ܝܪ ܒܘܝ .
6) ܬܘܝܘܬܡ ܐܘܬܝܢ ܒܐܪܕܝ
7) ܒܡ .. ܟܘܬܠܘܓ ܐܟܫܠܝ
8) ܡܪܝ ܝܘܚܢܢ ܡ . ܪ ܐܕܐ ܠ ... ܝܡ
9) ܐܘܡ ... ܢܫܬܘܪܐ ܬܘܒ ܩܐܕܝ
10) ܒܐܪܝ ܡܡ ܒܘ . ܘ . . . ܓ ܐܪܒ ܘܠܐ ܒܘܒܐ
11) ܐܪܝܓ ܝܘܠܐ ܐܓܐ ܠܐܪܒܝܓ ܒܝܠܒܘܡ ܐܒ ...

Es versteht sich von selbst, dass von dieser Inschrift, wo nur in der 8. Zeile zwei syrische Worte sicher vorkommen: Mar Juchanan, alles andere, wie es scheint, ganze oder trümmerhafte türkische Worte und Namen enthält, keine Uebersetzung gegeben werden kann. Mein verehrter College Hr. Baron v. Rosen macht mich darauf aufmerksam, dass die ersten vier Worte der 2. Zeile türkische Zahlwörter sein und türkisch مينك آلتى, يوز كرك (قرق), d. h. 1640, entsprechen könnten. Ich vermuthe nun, dass das folgende Wort ܣܐܟܙ sei = سكز acht. Das Ganze würde dann das Datum 1648 = 1337 ausdrücken. Dies angenommen, würde auch die 3. Zeile verständlich werden; der Sinn derselben wäre, dass dieses Jahr türkisch ܐܘܕܐ (= ܐܘܕ = اود, vergl. oben № IV), der Stier, heisse. Das Jahr

1337 n. Chr. entspricht in der That dem Stierjahre, dem 2. des 12jähriger Cyclus. — Ueber den Eigennamen Kûtlûk oder Kûtlûg, wie er hier und № XIX geschrieben wird, vergl. oben № IX, pag. 16.

IV.

Schluss.

Es kann nicht zweifelhaft sein, dass die in Semirjetschie gefundenen Grabinschriften von Nestorianern herrühren; denn sowohl die katholischen Missionäre des XIII. Jahrhunderts, als auch Marco Polo kennen nur nestorianische Christen in jenen Gegenden.

Es ist hier nicht der Ort von der grossen Bedeutung der Nestorianer überhaupt zu sprechen, die sie, sowohl als Männer der Wissenschaft, so wie auch als Verbreiter des Christenthums erlangt haben. Gelehrten Orientalisten ist dies durch die grundlegenden Arbeiten Assemani's, so wie auch aus anderen Schriften bekannt. Wir wollen daher hier nur einige kurze Data über diese Punkte zusammenstellen.

Nachdem die Lehre des Nestorius im Jahre 431 n. Ch. Geb. verdammt wurde, hat man die Anhänger desselben immer mehr und mehr aus dem byzantinischen Reiche verdrängt und die letztern flüchteten sich meistens nach dem Orient, besonders nach Persien. Viele von den verfolgten Nestorianern waren Männer der Wissenschaft, beschäftigten sich mit der Erklärung der Heiligen Schrift, studirten die Commentare derselben und gehörten damals zum Theil zu den vorzüglichsten Pflegern der griechischen Literatur. In Edessa, wohin das Christenthum sehr früh verpflanzt wurde, hatten sie ihre Hauptschule, wo sie unter andern die Schriften des Aristoteles, Hypocrates, Galen und auch viele andere griechische Werke über Mathematik, Astronomie, Rethorik u. s. w. ins Syrische übersetzt und commentirt haben. Nachdem diese Schule auf Befehl des Kaisers Zeno im Jahre 489 aufgehoben und die nestorianischen Gelehrten von da vertrieben wurden, gründeten die Nestorianer Schulen in dem Reiche der Sasaniden und zwar in Nisibis und in Dschondaischabur, die ein Paar Jahrhunderte lang Pflanzstätten theologischer und profaner Wissenschaft waren. Die nestorianischen höheren Geistlichen und Gelehrten standen am Hofe der Sasaniden in hoher Achtung und manche unter ihnen wurden von den Sasanidenkönigen bei verschiedenen diplomatischen Verhandlungen als Abgesandte an den byzantinischen Hof benutzt.

Von ähnlicher Bedeutung war ihre Thätigkeit an den Höfen der Chalifen, welche letztere den seit 762 n. Chr. in Bagdâd residirenden nestorianischen Patriarchen als das Oberhaupt der gesammten orientalischen Christenheit ansahen. Viele unter den Nestorianern waren

Aerzte und Secretaire an den Höfen der Chalifen, unter anderen haben viele Mitglieder der nestorianischen Familie der Bochtjeschu solche hervorragende Stellungen eingenommen. Als bei den ersten Abbasiden der Wunsch erwachte, die Wissenschaft der Griechen unter den Mohammedanern bekannt zu machen, waren es vorzugsweise Nestorianer, durch welche diese Bestrebungen der Chalifen realisirt wurden. Gelehrte Nestorianer wurden nach Byzanz geschickt, um daselbst griechische Handschriften zu sammeln; die schon von früheren Nestorianern gemachten syrischen Uebersetzungen griechischer Schriften, so wie auch noch nicht übersetzte Werke, übersetzten sie ins Arabische. Die Geschichte kennt eine lange Reihe von solchen nestorianischen Gelehrten, welche die griechische Wissenschaft, durch Uebersetzung und Commentirung griechischer Schriften, zunächst den Mohammedanern und indirect auch dem mittelalterlichen Europa zugänglich gemacht haben. Man kann sagen, dass sie, nach der Verbannung der Wissenschaft aus dem byzantinischen Reiche gegen drei Jahrhunderte lang, d. h. vom VI. bis zum Anfang des IX. Jahrhunderts, fast die einzigen Repräsentanten der altgriechischen Cultur und Wissenschaft waren.

Viel grossartiger und von viel grösseren Folgen war ihre Missionsthätigkeit unter den heidnischen Völkern. Auch über diesen Punkt wollen wir hier nur einige Data angeben, wobei wir zugleich die frühzeitige Verbreitung des Christenthums unter den türkischen Stämmen nachweisen werden. Bischofsitze der Nestorianer findet man im äussersten Süden (z. B. auf der Insel Sokotra), in den Gegenden des schwarzen und des caspischen Meeres, in Turkestan, in Indien, in den westlichen, nördlichen und nordöstlichen Provinzen von China.

Schon gegen 334 wird der erste Bischof von Merw erwähnt, ein anderer Bischof dieses Ortes kommt im Jahre 410 vor. Im Jahre 420 wird der Bischofsitz daselbst zu dem Sitze eines Metropoliten erhoben, woraus man ersehen kann, dass es dort und auch in der Umgegend schon damals viele Christen gegeben haben muss, da jeder Metropolit mehrere Bischöfe unter sich hatte (vergl. weiter unten). Der Bischof dieses Ortes Theodoros, der gegen 540 lebte, war Verfasser vieler Schriften, und einer seiner Nachfolger, Elias (gegen 660) schrieb gleichfalls viele Werke, darunter Commentare zu verschiedenen Büchern der Heiligen Schrift, so wie auch eine geschätzte Kirchen-Geschichte. Nach der Meinung Einiger sollen Achai (gegen 411) und Schilâ (gegen 503) Metropolitansitze in Herât, China und Samarkand errichtet haben; Andere schreiben die Errichtung dieser Metropolitansitze dem nestorianischen Patriarchen Salibsacha (gegen 714) zu[1]).

Für die frühe Verbreitung des Christenthums unter den östlichen Türken spricht

1) Die Angaben auf dem bekannten syrisch-chinesischen Denkmal von Si-ngan-fu, wonach das Christenthum in China schon 635 eingeführt wurde und hernach, von verschiedenen chinesischen Kaisern begünstigt, grosse Verbreitung daselbst gefunden haben soll, lasse ich unbeachtet, weil die Authenticität dieses Denkmals, ungeachtet Pauthier's kräftiger Vertheidigung desselben, bezweifelt wird; vergl. Pauthier, «De la réalité et de l'authenticité de l'inscription nestorienne de Si-ngan-fou etc.» in den Annales de philos. chrétienne, IV, t. XV und XVI, 1857, und Pauthier, «Inscription syro-chinoise de Si-ngan-fou, monument nestorien, élevé en Chine l'an 781 de notre ére et decouvert en 1625», Paris, 1858.

auch folgendes Factum. Die von Narses an den Kaiser Mauritius gegen 581 geschickten türkischen Gefangenen hatten auf den Stirnen ein durch schwarze Punkte gezeichnetes Kreuz. Ueber den Ursprung desselben befragt, sagten sie, dass, als vor längerer Zeit eine Pest unter ihnen ausgebrochen war, die unter ihnen lebenden Christen — oder nach einer andern Version, diejenigen der Ihrigen, welche sich zum Christenthum bekennen,— ihnen gerathen hätten, den Kindern das Zeichen des Kreuzes auf der Stirne zu zeichnen[1]). Man sieht daraus, dass es schon im VI. Jahrhundert unter den Osttürken Christen gab; das Christenthum kann aber dorthin nur durch Nestorianer verpflanzt worden sein.

Mein verehrter College W. D. Smirnow machte mich auf folgenden Punkt aufmerksam. Seldschuk, der Stifter der nach ihm benannten Seldschukiden-Dynastie, der ursprünglich, noch bevor er zum Islâm übergegangen war, gegen 930 im Dienste eines türkischen Fürsten in der Gegend der jetzigen Kirgisensteppe stand, hatte unter anderen auch einen Sohn, Namens Michael; da aber Mohammedaner niemals diesen Namen geführt und er nur bei Christen üblich war, ist man wohl berechtigt daraus zu folgern, dass das Christenthum um die angegebene Zeit bis in die Kirgisensteppe westlich vom Baikalsee vorgedrungen sei. Von dem nestorianischen Patriarchen Timotheus (778—820) wird in der That berichtet, dass er den Chakan der Türken, sowie auch andere türkische Fürsten zum Christenthum bekehrt hätte. Ausführliche Nachrichten besitzen wir über die Bekehrung des grossen und mächtigen türkischen Stammes der Keraït (nordöstlich von Kuldscha[2]) gegen 1007. Die Könige dieses Stammes beherrschten ein grosses Reich und ihre grosse Macht gab höchst wahrscheinlich die Veranlassung zu den in Europa im Mittelalter verbreiteten Nachrichten von dem Reiche des Priesters Johannes. Dieses mächtige Reich wurde erst von Tschingizchan zerstört. Aber mehrere Prinzessinnen aus den fürstlichen Häusern dieses christlichen Volkes waren an Tschingizchan selbst und an dessen Söhne verheirathet, in welcher Stellung sie durch ihren Verstand und ihre höhere Bildung einen grossen Einfluss auf die Regierungsangelegenheiten ausübten. Sie bekannten sich öffentlich zum Christenthum, hatten ihre, mit Glocken versehenen Kirchen und Capellen und beschützten nach Kräften die Christen und die christliche Lehre. Die katholischen Missionäre aus dem XIII. Jahrhundert erwähnen noch andere grosse türkische Stämme, wie die Neiman und die Merkit, die nordöstlich von Semirjetschie bis in die Gegend des Baikal-Sees lebten und die gleichfalls von den Nestorianern zum Christenthum bekehrt wurden und sich zur Lehre derselben bekannten. Marco Polo, so wie auch die erwähnten katholischen Missionäre kamen am Hofe des Kublaichan in Chanbalik, dem jetzigen Pekin, vielfach mit nestorianischen Christen zusammen, welche die eifrigsten Gegner der letzteren waren.

---

1) Theophylact. Hist. V, 10, pag. 225 und Theophanes, Chronogr. ad a. M. 6081 (= 581), I, pag. 411 ed. Bon.

2) Mit völliger Sicherheit lassen sich die Wohnsitze der Keraït nicht genau angeben; jedenfalls dürften dieselben in der Nachbarschaft und zwar nördlich von Tangut zu suchen sein.

In einem aus dem Ende des IX. Jahrhunderts stammenden Verzeichniss der Metrodolitansitze der Nestorianer kommen unter andern auch folgende Namen vor: Merw, Herât, Samarkand, die Länder der Türken, Kaschgar (im Westen von China) Tangut (östlich von Kaschgar, nördlich von Tübet) und Chanbalik. Dabei wird ausdrücklich bemerkt, dass jeder Metropolit sechs bis 12 Bischöfe unter sich hatte. Man sieht also, dass die Nestorianer das Christenthum verbreitet haben unter andern auch im jetzigen Turkestan, im Westen und im Norden von China und unter den türkischen Stämmen fast bis zu den Gegenden des Amur. Dass sie viel dazu beigetragen haben, durch die christliche Lehre die Sitten aller dieser barbarischen Völker zu mildern und unter ihnen Kenntnisse zu verbreiten, versteht sich fast von selbst[1]); positiv ist es bekannt, dass der mächtige türkische Stamm der Uiguren schon im X. Jahrhundert seine Schrift direct von den Nestorianern entlehnt hat und dass aus dieser Schrift sowohl die verschiedenen mongolischen Schriftarten, als auch die Schrift der Mandschu sich entwickelt haben.

Bei der grossen welthistorischen Bedeutung der Nestorianer versteht es sich von selbst, dass von ihnen herrührende authentische Documente aus so fernen Gegenden an und für sich ein grosses Interesse beanspruchen. Hier kommen noch andere Umstände in Betracht, welche die Bedeutung des kostbaren Fundes in Semirjetschie noch erhöhen. Es sind uns bis jetzt überhaupt nur sehr wenig syrische Inschriften bekannt, und die wenigen bekannten stammen aus Vorderasien, besonders aus Mesopotamien her, also aus den eigentlichen Wohnsitzen der Syrer. Dass man in so fernen Ländern syrische Inschriften finden wird, kommt der gelehrten Welt unerwartet und unverhofft. Diese Inschriften haben aber noch ausserdem ein grosses paläographisches Interesse[2]) und sind auch in sprachlicher Beziehung, wegen der in ihnen vorkommenden eigenthümlichen grammatischen Formen und Sprachwendungen, von Wichtigkeit. Die Thiernamen des 12jährigen Cyclus, die wir bis jetzt nur in der mangelhaften arabischen Umschreibung kannten und die wir jetzt in ihren mehr ursprünglichen Formen kennen lernen, so wie auch die zahlreichen, in diesen Inschriften vorkommenden türkischen Eigennamen dürften gleichfalls für die Sprachforschung von Interesse sein. Für die Geschichte der Verbreitung des Christenthums in jenen fernen Gegenden, so wie auch für die innere Geschichte der nestorianischen Kirche und den Culturzustand der Anhänger derselben dürfte man gleichfalls manche neue Aufschlüsse aus diesen Inschriften erwarten. Man hat auch oft die Berichte der Nestorianer über ihre Bekehrungen verschiedener barbarischer Stämme angezweifelt; nach diesen uns vorliegenden authentischen Quellen aber kann es nicht zweifelhaft sein, dass es den Nestorianern in der That und zwar nicht später

1) Von Jahbalaha, dem früheren Metropoliten von Tangut, der von 1281—1317 den nestorianischen Patriarchenstuhl zu Bagdad eingenommen hat, wird ausdrücklich bezeugt, dass er von Geburt ein Türke vom Stamme Chatai (الختا) war; vergl. Greg. Barhebr. Chron. eccles. II, pag. 451 f., wo er als ايغور, d. h. Einer aus dem Volke der Uigur, bezeichnet wird, und Assem. B. O. II, p. 455 f.

2) Ueber diesen Punkt gedenken wir ausführlich zu handeln, wenn uns ein grösseres Material vorliegen wird.

als im VIII. Jahrhundert gelungen ist, türkische Völker zum Christenthum zu bekehren; denn in den beiden von uns mitgetheilten ältesten Grabinschriften aus den Jahren 858 und 911, kommen — vorausgesetzt, dass diese Daten ganz sicher sind — schon türkische Namen vor; man kann aber schwerlich annehmen, dass die in diesen Grabinschriften erwähnten Christen türkischen Ursprungs damals die ersten, oder die einzigen Christen der türkischen Rasse waren.

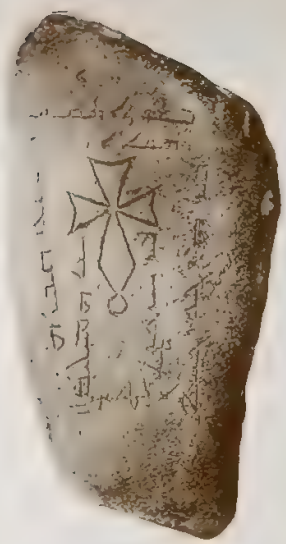
Leider aber muss bemerkt werden, dass das jetzt vorliegende Material, welches ich hier mitgetheilt habe, für weitere Forschungen höchst ungenügend ist; denn die mir vorliegenden Copien sind in paläographischer Beziehung ganz werthlos; selbst die photographischen Abdrücke sind meistens wegen ihrer Undeutlichkeit in dieser Beziehung kaum brauchbar; auch ist das sprachliche und historische Material, welches die mitgetheilten Inschriften darbieten, bis jetzt viel zu gering und oft, wegen der zweifelhaften Lesung vieler Worte, sehr unsicher. Selbst die beiden oben erwähnten, so wichtigen Daten sind nicht in dem Grade sicher, dass man aus ihnen ohne alle Bedenken schwer wiegende historische Folgerungen machen könnte. Ich freue mich daher in der Lage zu sein, der gelehrten Welt mittheilen zu können, dass das Interesse für diese Inschriften in den hiesigen gelehrten Kreisen ein im hohen Grade lebhaftes ist und dass die örtlichen Behörden den officiellen Auftrag erhalten haben, die mit Inschriften versehenen Grabsteine aufzusuchen, zu sammeln und photographiren zu lassen. Die photographischen Abdrücke werden hierher geschickt und untersucht werden. Die wichtigsten Inschriften werden durch Phototypie reproducirt werden; nöthigen Falls wird man selbst manche Originale hierher kommen lassen. Was mich anbetrifft, werde ich keine Mühe und keine Arbeit scheuen, um diesen auf vaterländischem Boden gehobenen Schatz der gelehrten Welt zugänglich zu machen.

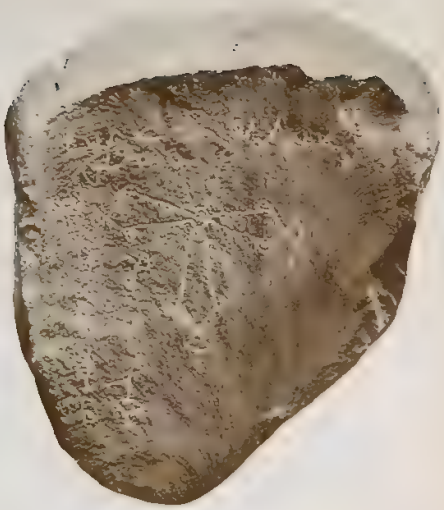
Bemerkung zur Tafel.

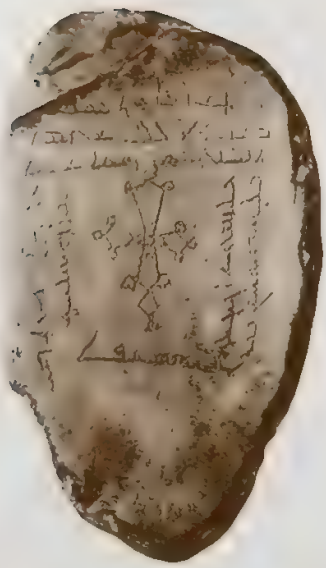
Die Inschrift oben links ist № 1 und die rechts № 2, die beiden mittlern № 3 und 4 und die beiden untersten № 5 und 6.

Druckfehler.

Pag.	5	letzte Zeile und mehreren anderen Stellen	anstatt: Aere	Aera.
«	22	Zeile 8	anstatt: ist	sind.
«	27	Zeile 1	anstatt: anderen	Anderen.







MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 5.

ÜBER

DIE ALLGEMEINE BEUGUNGSFIGUR IN FERNRÖHREN.

VON

Hermann Struve.

172720
AUG 20 1891

(*Lu le 13 mai 1886*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & Cie et J. Glasounot	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel.)

Prix: 20 K. = 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 5.

ÜBER

DIE ALLGEMEINE BEUGUNGSFIGUR IN FERNRÖHREN.

VON

Hermann Struve.

(*Lu le 13 mai 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel.)

Prix: 20 K. = 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Septembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimérie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Die Aufgabe, um die es sich hier handelt, nämlich die Ableitung der Intensitäten für die allgemeine Beugungserscheinung an einer kreisrunden Oeffnung, ist fast ebenso alt wie die Fresnel'sche Diffractionstheorie und bot sich naturgemäss schon den Begründern dieser Theorie dar. Poisson folgerte bekanntlich aus den Fresnel'schen Principien die merkwürdigen Sätze über die Lichtvertheilung in der durch den Lichtpunkt und den Mittelpunkt der Oeffnung gehenden Axe, welche später von Fresnel und Arago durch das Experiment bewahrheitet wurden und damit eine neue kräftige Stütze für die Theorie von Fresnel abgaben. Die Untersuchungen von Airy und Schwerd betrafen gleichfalls nur einen speciellen Fall der allgemeinen Aufgabe, nämlich die Lichtvertheilung in der Focalebene der Fernröhre. Die Erweiterung dieser Untersuchung auf die Lichtvertheilung ausserhalb der Focalebene wurde bald darauf von Knochenhauer[1]) versucht; da jedoch die Mittel zu einer befriedigenden Darstellung damals noch nicht zu Gebote standen, so stiess Knochenhauer auf bedeutende Schwierigkeiten, die er nur zum Theil durch überaus weitläufige Entwickelungen zu beseitigen vermochte.

Erst durch die Ausbildung der Theorie der Bessel'schen Functionen in den letzten Jahrzehnten, ist man gegenwärtig in den Stand gesetzt die Aufgabe in ihrer allgemeinen Form zu behandeln und ihr eine einfache und vollständige Lösung zu geben, welche die Poisson'schen Sätze sowie die Fraunhofer'sche Beugungserscheinung als Specialfälle umfasst. Indem ich dies im Folgenden zu zeigen beabsichtige, setze ich einige einfache Sätze aus der Theorie der Bessel'schen Functionen als bekannt voraus.

Es mögen r_1 und r_0 die Entfernungen des Lichtpunkts und des Punkts P, dessen Intensität bestimmt werden soll, von einem Oberflächenelemente $d\sigma$ der beugenden Oeffnung bedeuten. Dann lässt sich bekanntlich die Intensität von P als Norm des complexen Doppelintegrals:

$$V = \iint e^{-\frac{2\pi}{\lambda}(r_0 + r_1 - \delta)i} d\sigma$$

1) Knochenhauer. Die Undulationstheorie des Lichts. pag. 43. Berlin 1839.

ausdrücken, in welchem die Integration über alle Elemente der Oeffnung zu erstrecken ist und wo δ vorderhand eine ganz willkürliche Constante bedeutet, über die wir frei verfügen können, da sie in dem Ausdruck für die Norm schliesslich fortfällt. Der Einfachheit halber wollen wir annehmen, dass der Lichtpunkt in der Axe, d. h. in der durch den Mittelpunkt gehenden Normale der Oeffnung liegt. Bei Fernröhren würde diese Bedingung gleichbedeutend damit sein, dass der Vereinigungspunkt der Strahlen in der optischen Axe liegt und es versteht sich von selbst, dass diese Bedingung in Wirklichkeit nur angenähert erfüllt zu sein braucht. Ferner bezeichnen wir unter Zugrundelegung von Polarcoordinaten:

mit ρ_1 die Entfernung des Lichtpunkts vom Mittelpunkt der Oeffnung,
» ρ_0 » » des Punkts P » » »
» ζ den Winkel zwischen ρ_0 und der Axe,
» s den Radiusvector des Elements $d\sigma$ aus dem Mittelpunkte,
» w den Winkel zwischen s und der durch ρ_0 und die Axe bestimmten Ebene,
» R den Oeffnungsradius.

Alsdann ist

$$d\sigma = s\, ds\, dw$$

$$r_1^2 = \rho_1^2 + s^2$$

$$r_0^2 = \rho_0^2 + s^2 - 2\rho_0 s \sin\zeta \cos w$$

und demnach bis auf kleine Grössen dritter Ordnung:

$$r_0 + r_1 = (\rho_0 + \rho_1) - s \sin\zeta \cos w + \frac{s^2}{2}\left(\frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_1}\right)$$

Mit Rücksicht darauf, dass δ eine willkürliche Constante bedeutet, hat man folglich:

$$V = \int_0^R \int_0^{2\pi} e^{\frac{2\pi}{\lambda}\left\{ s \sin\zeta \cos w - \frac{s^2}{2}\left(\frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_1}\right) + \delta \right\} i}\, s\, ds\, dw$$

Substituiren wir an Stelle von s die neue Variable

$$r = \frac{s}{R}$$

und setzen zur Abkürzung

$$z = \frac{2\pi}{\lambda} R \sin\zeta$$

$$m = \frac{2\pi}{\lambda} R \left(\frac{R}{\rho_0} + \frac{R}{\rho_1}\right)$$

so wird:

$$V = R^2 \int_0^1 \int_0^{2\pi} e^{\left(zr\cos w - \frac{m}{2} r^2 + \delta\right) i} r\, dr\, dw$$

Nun ist nach der üblichen Bezeichnungsweise für Bessel'sche Functionen

$$\int_0^{2\pi} e^{zr\cos w \,.\, i} dw = 2\pi J_0(zr)$$

mithin, wenn man jetzt δ den Werth $\frac{m}{2}$ beilegt und den constanten Factor $2\pi R^2$, der hier von keinem Belang ist, fortlässt:

$$V = \int_0^1 e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i} J_0(zr)\, r dr$$

Setzt man endlich $V = C + Si$ so wird die Intensität durch den Ausdruck:

(1) $$I = C^2 + S^2$$

bestimmt und die Aufgabe ist somit auf die Bestimmung des Integrals V zurückgeführt.

Den Lichtpunkt und die beugende Oeffnung können wir uns auch durch ein aplanatisches Objectiv ersetzt denken, welches die von einem Punkte in beliebiger Entfernung herkommenden Lichtstrahlen in einem Punkte wieder vereinigt. Der geometrische Vereinigungspunkt der Strahlen ist alsdann als «Lichtpunkt», das Objectiv als «beugende Oeffnung» aufzufassen, und da in diesem Fall der Punkt P auf derselben Seite der beugenden Oeffnung liegt, wie der Lichtpunkt, so hat man unter ϱ_1 die negative Vereinigungsweite der Strahlen zu verstehn. In diesem Sinne stellt der Ausdruck (1) auch die allgemeine Beugungsfigur in Fernröhren dar. Die Lichtvertheilung in einem beliebigen Querschnitt des durch das Objectiv tretenden Strahlbündels ergiebt sich daraus, wenn man ϱ_0 einen constanten Werth beilegt; für $\varrho_0 + \varrho_1 = o$ oder $m = o$ hat man die Lichtvertheilung in der Vereinigungsebene, d. h. die Fraunhofer'sche Beugungserscheinung; für gleich grosse positive und negative m ist die Lichtvertheilung dieselbe, sie ist also in gleichen Abständen vor und hinter dem Focus nahezu symmetrisch.

Die Entwickelung des Integrals V lässt sich nach Bessel'schen Functionen ausführen und zwar in doppelter Weise, je nachdem der Quotient $p = \frac{z}{m}$ kleiner oder grösser als 1 ist. Im ersteren Fall liegt P innerhalb des durch den Lichtpunkt und die Oeffnung bestimmten Strahlenkegels, im zweiten Fall ausserhalb desselben, d. h. im Schattenraume. Dies

folgt unmittelbar aus der Bedeutung von m. Denkt man sich nämlich den Strahlenkegel in der Entfernung ρ_0 senkrecht zur Axe durch eine Ebene geschnitten, so projicirt sich die Oeffnung auf dieselbe in einem Kreise, dessen Radius gleich $R \cdot \frac{\rho_0 + \rho_1}{\rho_1}$ ist. Nennt man ferner μ den Winkelwerth dieses Radius aus dem Mittelpunkt der Oeffnung, so kann man $\sin \mu = R \cdot \frac{\rho_0 + \rho_1}{\rho_0 \rho_1}$, und daher $m = \frac{2\pi}{\lambda} R \cdot \sin \mu$ setzen; man hat folglich $p = \frac{z}{m} = \frac{\sin \zeta}{\sin \mu}$, woraus das Behauptete folgt. Insbesondere hat man für die geometrische Schattengrenze den Werth $p = 1$.

Je nachdem nun p kleiner oder grösser als 1 ist, kann man V durch partielle Integration nach steigenden oder fallenden Potenzen von p entwickeln.

Ist erstlich $p < 1$, so lassen sich die Beziehungen

$$d\left(\frac{J_n(zr)}{r^n}\right) = -z \frac{J_{n+1}(zr)}{r^n} dr$$

$$\int e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i} r dr = \frac{i}{m} e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i}$$

zur Entwickelung von V anwenden. Durch successive partielle Integration ergiebt sich nämlich, wenn man zunächst die Grenzen unberücksichtigt lässt:

$$m V = e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i} \cdot \sum_0^\infty i^{n+1} p^n \frac{J_n(zr)}{r^n}$$

folglich durch Einführung der Grenzen $r = o$ und $r = 1$, indem für $r = o$

$$\frac{J_n(zr)}{r^n} = \frac{\left(\frac{z}{2}\right)^n}{n!}$$

wird,

$$m V = \sum_0^\infty i^{n+1} p^n J_n(z) - e^{\frac{m}{2} i} \sum_0^\infty i^{n+1} p^n \cdot \frac{\left(\frac{z}{2}\right)^n}{n!}$$

und diesen Ausdruck kann man wegen

$$\sum_0^\infty i^n p^n \cdot \frac{\left(\frac{z}{2}\right)^n}{n!} = e^{\frac{pz}{2} i} = e^{\frac{z^2}{2m} i}$$

auch in der folgenden Form schreiben:

$$m V = \sum_0^\infty i^{n+1} p^n J_n(z) - i e^{\frac{m^2 + z^2}{2m} i} \tag{2}$$

Ist andererseits $p > 1$, so erhält man in derselben Weise mit Rücksicht auf die Beziehungen

$$\int r^n J_{n-1}(rz)dr = \frac{r^n J_n(rz)}{z}$$

$$d\left(e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i}\right) = -\,m\,i\,e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i}\,r\,dr$$

durch successive partielle Integration:

$$m\,V = e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i} \sum_0^\infty i^n \frac{r^{n+1}}{p^{n+1}} J_{n+1}(rz)$$

und mithin zwischen den Grenzen $r = o$ und $r = 1$:

$$m\,V = \sum_0^\infty i^n \frac{J_{n+1}(z)}{p^{n+1}} \tag{3}$$

Indem nun $V = C + Si$ ist, so erhält man schliesslich aus (2) und (3) durch Trennung des Reellen vom Imaginären:

(4) für $p < 1$

$$\begin{cases} m\,C = \sin\left(\frac{m^2+z^2}{2m}\right) - \sum_0^\infty (-1)^n p^{2n+1} J_{2n+1}(z) \\ m\,S = -\cos\left(\frac{m^2+z^2}{2m}\right) + \sum_0^\infty (-1)^n p^{2n} J_{2n}(z) \end{cases}$$

(5) für $p > 1$

$$\begin{cases} m\,C = \sum_0^\infty (-1)^n \frac{J_{2n+1}(z)}{p^{2n+1}} \\ m\,S = \sum_0^\infty (-1)^n \frac{J_{2n+2}(z)}{p^{2n+2}} \end{cases}$$

Dass diese Entwickelungen unter den angegebenen Bedingungen convergent sind, folgt aus der Eigenschaft $\lim \frac{J_{n+2}(z)}{J_n(z)} = \frac{z^2}{4(n+1)(n+2)}$, wonach die Glieder obiger Reihen von einer bestimmten Stelle an fortdauernd mit alternirenden Vorzeichen in's Unendliche abnehmen. Aus demselben Grunde behalten die Reihen (4) und (5) ihre Convergenz auch noch für $p = 1$ bei und müssen in diesem Fall dieselben Werthe für C und S liefern. Es lässt sich nun zeigen, dass in diesem Fall die Reihen in geschlossener Form summirt werden können. Entwickelt man nämlich die Functionen $\cos(z\cos\psi)$ und $\sin(z\cos\psi)$ in Fourier'sche Reihen nach den Vielfachen von ψ, so ergiebt sich:

$$\cos(z\cos\psi) = J_0(z) - 2J_2(z)\cos 2\psi + 2J_4(z)\cos 4\psi - \ldots.$$
$$\sin(z\cos\psi) = 2J_1(z)\cos\psi - 2J_3(z)\cos 3\psi + 2J_5(z)\cos 5\psi - \ldots.$$

Diese Reihen behalten ihre Gültigkeit auch für $\psi = o$ und $\psi = \pi$ und sind deshalb keiner Einschränkung unterworfen. Setzt man aber in denselben $\psi = o$, so erhält man die Summationsformeln:

$$\sum_0^\infty (-1)^n J_{2n}(z) = \frac{J_0(z) + \cos z}{2}$$

$$\sum_0^\infty (-1)^n J_{2n+1}(z) = \frac{\sin z}{2}$$

und damit aus (4) und (5) in Uebereinstimmung:

$$\text{für } p = 1 \text{ oder } z = m \quad \begin{cases} m\,C = \frac{\sin m}{2} \\ m\,S = \frac{J_0(m) - \cos m}{2} \end{cases}$$

Für die Intensität in der geometrischen Schattengrenze folgt daraus der bemerkenswerthe Ausdruck:

$$(6) \qquad I = \frac{1}{4m^2}\left\{(\sin m)^2 + (J_0(m) - \cos m)^2\right\}$$

der sich mit wachsendem m langsam dem Werthe $\frac{1}{4m^2}$ annähert, durchschnittlich aber kleiner als der letztere bleibt.

Aus (4) ergiebt sich ferner für $p = o$ oder $z = o$:

$$m\,C = \sin\frac{m}{2}$$

$$m\,S = 1 - \cos\frac{m}{2}$$

$$(7) \qquad I = \frac{4}{m^2}\sin^2\frac{m}{4}$$

Die Intensität in der Axe variirt mithin zwischen den Grenzen $I = o$ für $\frac{m}{4} = n\pi$ und $I = \frac{4}{m^2}$ für $\frac{m}{4} = \frac{2n+1}{2}\pi$.

Setzt man umgekehrt $p = \infty$ oder $m = o$, so folgt aus (5):

$$C = \frac{J_1(z)}{z}$$

$$S = o$$

folglich für die Fraunhofer'sche Beugungserscheinung:

$$(8) \qquad I = \left(\frac{J_1(z)}{z}\right)^2$$

Um endlich die Ausdrücke (6) und (7) mit derjenigen Intensität zu vergleichen, welche man bei ungehinderter Fortpflanzung des Lichts erhalten würde, braucht man nur den Radius der Oeffnung R sich in die Unendlichkeit wachsend zu denken. Alsdann wird für beliebig kleine Winkel ζ der Werth von z so gross, dass man $J_n(z) = o$ setzen kann und man erhält in diesem Fall aus (4):

$$m\,C = \sin\left(\frac{m^2+z^2}{2m}\right)$$

$$m\,S = -\cos\left(\frac{m^2+z^2}{2m}\right)$$

(9) $$I = \frac{1}{m^2}$$

Die Intensität in der geometrischen Schattengrenze ist also durchschnittlich mehr als 4 mal kleiner als die Intensität in derselben Entfernung bei freier Beleuchtung; umgekehrt ist die grösste Intensität in der Axe 4 mal grösser als die letztere.

Zur Bestimmung der Lage der Intensitäts-Maxima und Minima hat man die Bedingung:

$$\frac{1}{2}\frac{dI}{dz} = C\frac{dC}{dz} + S\frac{dS}{dz} = o$$

Differentiirt man demgemäss V nach z und berücksichtigt, dass

$$\frac{dJ_0(zr)}{dz} = -rJ_1(zr)$$

so erhält man erstlich:

$$\frac{dV}{dz} = -\int_0^1 e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i} J_1(zr)\cdot r^2 dr$$

und dieses Integral lässt sich wiederum durch partielle Integration, mittelst der Formel

$$\frac{d(rJ_1(zr))}{dr} = rz\cdot J_0(zr)$$

auf V zurückführen; man erhält damit:

$$m\,i\frac{dV}{dz} = J_1(z) - z\,V$$

und durch Trennen des Reellen vom Imaginären:

$$\frac{dC}{dz} = -\frac{z}{m}S \qquad \frac{dS}{dz} = \frac{z}{m}C - \frac{J_1(z)}{m}$$

$$\frac{m}{2}\frac{dI}{dz} = -S\cdot J_1(z)$$

Die Oerter der Maxima und Minima sind folglich durch die Wurzeln der Gleichungen:

$$J_1(z) = o \text{ und } S = o$$

gegeben, welche demgemäss zwei Systeme solcher Punkte bestimmen. Jedes dieser Systeme kann aber im Allgemeinen sowohl Maxima wie auch Minima enthalten, indem die Wurzeln der einen Gleichung durch diejenigen der andern nicht getrennt zu sein brauchen. Nur für den Schattenraum und zwar für die entfernteren Partien, wo p hinreichend gross ist, fallen die Wurzeln von $S = o$, wie man aus (5) ersieht, sehr nahe mit denen von $J_2(z) = o$ zusammen und es bestimmt dann $J_1(z) = o$ die Lage der Minima, $S = o$ die Lage der Maxima. Dieselbe Ausnahme gilt natürlich auch bezüglich der Fraunhofer'schen Beugungserscheinung.

Zwischen den beiden Systemen ausgezeichneter Punkte findet jedoch in einer Beziehung ein wesentlicher Unterschied statt, indem das eine System, welches durch die Gleichung $S = o$ characterisirt ist, von der Grösse m, d. h. von den Entfernungen ϱ_0 und ϱ_1 abhängt, das andere System hingegen von diesen Entfernungen gänzlich unabhängig ist. Man kann dies auch so aussprechen, dass die Wurzeln von $J_1(z) = o$ ein ausgezeichnetes Strahlbündel, aus dem Mittelpunkt der Oeffnung, bestimmen, von der Eigenschaft, dass auf demselben überall $\frac{dI}{dz} = o$ ist, welche Lage auch der Lichtpunkt gegen die Oeffnung haben mag. Hierbei bestimmen die grösseren Wurzeln von $J_1(z) = o$ Strahlen, die im Allgemeinen nur Minima enthalten; die der Axe näheren Strahlen können abwechselnd Maxima und Minima besitzen und auf den letzteren sind die Maxima von den Minimis durch Wendepunkte getrennt, die an denjenigen Stellen auftreten, wo gleichzeitig $S = o$ ist; auf der Axe selbst endlich sind hinsichtlich der nebenliegenden Punkte nur Maxima der Intensität vorhanden, die sich jedoch auch bis zum völligen Verschwinden abschwächen können.

Die Ausdrücke (4) und (5) enthalten in Verbindung mit (6) die vollständige Lösung des vorgelegten Problems. Im Fall aber p sehr nahe gleich 1 ist, d. h. der Punkt P in der Nähe der geometrischen Schattengrenze liegt, so kann die Rechnung mittelst der Reihen:

$$A = \sum_0^\infty (-1)^n p^{2n} J_{2n}(z)$$

$$B = \sum_0^\infty (-1)^n p^{2n+1} J_{2n+1}(z)$$

eine recht umständliche werden. Es ist daher geboten die Reihen für diesen Fall zu transformiren, was sich in folgender Weise ausführen lässt.

Setzt man $p^2 = 1 - q^2$, wo der Annahme zufolge q^2 einen kleinen Bruch bedeute, und ordnet nach Potenzen von q^2, so wird:

$$A = A_0 + q^2 A_1 + q^4 A_2 + \ldots + q^{2n} A_n + \ldots$$

$$\frac{B}{p} = B_0 + q^2 B_1 + q^4 B_2 + \ldots + q^{2n} B_n + \ldots$$

$$A_n = \sum_{m=0}^{m=\infty} (-1)^m (m+n)_n J_{2(m+n)} \qquad B_n = \sum_{m=0}^{m=\infty} (-1)^m (m+n)_n J_{2(m+n)+1}$$

Die Coefficienten A_n und B_n erscheinen hier in Form unendlicher Reihen, deren Convergenz aus dem Umstande folgt, dass die Glieder von einem bestimmten Term anfangend fortdauernd mit alternirenden Vorzeichen ins Unendliche abnehmen. Desgleichen ist leicht einzusehn, dass auch die transformirten Reihen A und B für $q < 1$ convergiren, weil mit wachsendem n

$$\lim \frac{A_{n+1}}{A_n} = \lim \frac{J_{2n+2}}{J_{2n}} = \lim \frac{z^2}{4(2n+1)(2n+2)} = o$$

wird. Es kommt nunmehr darauf an die Coefficienten A_n und B_n, deren Werthe wir zunächst nur für $n = o$ kennen, auf endliche Ausdrücke zurückzuführen. Man kann dazu auf folgendem Wege gelangen.

Differentiirt man die schon oben benutzte Reihe

$$\cos(z\cos\psi) - J_0 = -2J_2 \cos 2\psi + 2J_4 \cos 4\psi - 2J_6 \cos 6\psi + \ldots$$

nach ψ, was hier offenbar gestattet ist, so erhält man:

$$\frac{z \sin(z\cos\psi)}{2^2} = J_2 \frac{\sin 2\psi}{\sin\psi} - 2J_4 \frac{\sin 4\psi}{\sin\psi} + 3J_6 \frac{\sin 6\psi}{\sin\psi} - \ldots$$

und wenn man beiderseits mit $\cos\psi\, d\psi$ multiplicirt und zwischen den Grenzen o und π integrirt:

$$\frac{zJ_1}{2^2} = \sum_0^\infty (-1)^m (m+1) J_{2m+2}$$

Differentiirt man zweimal nach ψ und setzt darauf $\psi = o$, so ergiebt sich:

$$\frac{z \sin z}{2^3} = \sum_0^\infty (-1)^m (m+1)^2 J_{2m+2}$$

Durch dreimalige Differentiation der obigen Reihe und darauf folgende Integration gelangt man in derselben Weise zu dem Ausdruck für $\sum_0^\infty (-1)^m (m+1)^3 J_{2m+2}$, durch

viermalige Differentiation erhält man für $\psi = o$ $\sum_0^\infty (-1)^m (m+1)^4 J_{2m+2}$ u. s. f. Wird allgemein $\sum_0^\infty (-1)^m (m+1)^n J_{2m+2}$ mit S_n bezeichnet, so hat man für $n > 0$:

$$(-1)^{n-1} 2^{2n} S_{2n-1} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \frac{\partial^{2n-1} \cos(z \cos\psi)}{\partial \psi^{2n-1}} \cdot ctg\psi \, d\psi$$

$$(-1)^{n-1} 2^{2n+1} S_{2n} = \left(\frac{\partial^{2n} \cos(z \cos\psi)}{\partial \psi^{2n}} \right)_{\psi=0}$$

insbesondere findet man:

$$S_0 = \frac{J_0 - \cos z}{2}$$

$$S_1 = \frac{z J_1}{2^2}$$

$$S_2 = \frac{z \sin z}{2^3}$$

$$S_3 = \frac{2 z^2 J_0}{2^4}$$

$$S_4 = \frac{z \sin z + 3 z^2 \cos z}{2^5}$$

$$S_5 = \frac{z^2}{8} (J_0 - z J_1)$$

Indem nun $(m+n)_n$ in eine Summe von der Form

$$(m+n)_n = a(m+1)^n + b(m+1)^{n-1} + c(m+1)^{n-2} + \ldots + t(m+1)$$

zerlegt werden kann, so hat man ferner auch:

$$\sum_0^\infty (-1)^m (m+n)_n J_{2m+2} = a S_n + b S_{n-1} + c S_{n-2} + \ldots + t S_1$$

und weiter ist ersichtlich, wie aus den letzteren Reihen die Coefficienten $A_1\ A_2\ A_3 \ldots$ gebildet werden können. Man erhält schliesslich:

$$A_0 = \sum_0^\infty (-1)^m J_{2m} = \frac{J_0 + \cos z}{2}$$

$$A_1 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+1)_1 J_{2m+2} = \frac{z J_1}{4}$$

$$A_2 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+2)_2 J_{2m+4} = \frac{z}{16} (2 J_1 - \sin z)$$

$$A_3 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+3)_3 J_{2m+6} = \frac{z}{48}(4J_1 + zJ_0 - 3\sin z)$$

$$A_4 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+4)_4 J_{2m+8} = \frac{z}{256}(16J_1 + 8zJ_0 - 15\sin z - z\cos z)$$

$$A_5 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+5)_5 J_{2m+10} = \frac{z}{640}\left(32J_1\left(1 - \frac{z^2}{48}\right) + 24zJ_0 - 35\sin z - 5z\cos z\right)$$

— — — — — —

Ebenso liessen sich nun auch die B Coefficienten mit Hülfe der Reihe:

$$\sin(z\cos\psi) = 2J_1\cos\psi - 2J_3\cos 3\psi + 2J_5\cos 5\psi - \ldots$$

ableiten. Einfacher aber gelangt man zu denselben, wenn man die Fundamentalformel

$$\frac{2}{z}J_{2n} = \frac{1}{2n}(J_{2n-1} + J_{2n+1})$$

in Anwendung bringt. Man findet alsdann leicht die folgende Relation:

$$B_n = \frac{4}{z}\Big((n+1)A_{n+1} - (n+2)A_{n+2}\Big),$$

durch welche die B Coefficienten auf die A Coefficienten zurückgeführt sind. Mittelst der obigen Werthe erhält man:

$$B_0 = \sum_0^\infty (-1)^m J_{2m+1} = \frac{\sin z}{2}$$

$$B_1 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+1)_1 J_{2m+3} = \frac{\sin z - zJ_0}{4}$$

$$B_2 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+2)_2 J_{2m+5} = \frac{3\sin z + z\cos z - 4zJ_0}{16}$$

$$B_3 = \sum_0^\infty (-1)^m (m+3)_3 J_{2m+7} = \frac{5\sin z + 3z\cos z}{32} + \frac{z^2 J_1 - 12zJ_0}{48}$$

— — — — —

Je weiter man diese Operationen fortsetzt, um so complicirter wird natürlich die Form der Coefficienten. Man wird sich deshalb dieser Transformation nur dann mit Vortheil be-

dienen, sobald p nahe gleich 1 oder q klein ist und wenige Glieder der transformirten Reihe für die Rechnung ausreichen [1]).

Zum Schluss mögen die obigen Formeln noch an zwei Beispielen erläutert werden. Wenn in einem Fernrohr das Ocular auf einen Lichtpunkt focussirt ist, so erhält man durch Verrücken des Oculars nach der einen oder andern Seite zunächst ein Maximum in der Axe für $m = 2\pi$, durch weiteres Verrücken ein Minimum für $m = 4\pi$. Für diese beiden Lagen wollen wir die Intensitätsvertheilung berechnen. Nehmen wir als Einheit diejenige Intensität an, welche bei ungehinderter Fortpflanzung des Lichts in den betreffenden Querschnitten stattfinden würde, so erhalten wir folgende Zusammenstellung:

$m = 2\pi$

z	C	S	I
0	0,0000	+2,0000	4,000
1	—0,1495	+1,7591	3,117
2	—0,4923	+1,1383	1,538
3	—0,7858	+0,3903	0,770
4	—0,8163	—0,2085	0,710
5	—0,5422	—0,4874	0,532
6	—0,1156	—0,4438	0,210
2π	0,0000	—0,3898	0,152
7	+0,2300	—0,2144	0,099
8	+0,3343	+0,0221	0,112
9	+0,2014	+0,1433	0,061
10	—0,0148	+0,1279	0,017
11	—0,1567	+0,0383	0,026
12	—0,1458	—0,0419	0,023
13	—0,0294	—0,0638	0,005
14	+0,0804	—0,0326	0,008

$m = 4\pi$

z	C	S	I
0	0,0000	0,0000	0,000
1	+0,0048	—0,2347	0,055
2	+0,0671	—0,7721	0,601
3	+0,2738	—1,2239	1,573
4	+0,6291	—1,2351	1,922
5	+0,9895	—0,7203	1,498
6	+1,1267	+0,0840	1,277
7	+0,8885	+0,7697	1,382
8	+0,3282	+1,0111	1,130
9	—0,2866	+0,7519	0,647
10	—0,6583	+0,2116	0,478
11	—0,6144	—0,2737	0,453
12	—0,2494	—0,4630	0,277
4π	0,0000	—0,4212	0,177
13	+0,1679	—0,3332	0,139
14	+0,3754	—0,0497	0,143

1) Die Coefficienten $A_0A_1A_2\ldots B_0B_1B_2\ldots$ lassen sich auch durch bestimmte Integrale darstellen, zu denen man durch Substitution von $m = z\sqrt{1-q^2}$ in $V = \int_0^1 e^{\frac{m}{2}(1-r^2)i} J_0(zr)\cdot r\,dr$ und Entwickelung nach Potenzen von q^2 gelangt. Es ergiebt sich damit zugleich die Reduction für einige bestimmte Integrale, die durch ihre Form bemerkenswerth sind. So findet man beispielsweise:

$$\int_0^1 e^{\frac{z}{2}(1-r^2)i} J_0(zr)\cdot r\,dr = \frac{\sin z + i\,(J_0(z) - \cos z)}{2z}$$

Diese Zahlen sind sämmtlich nach den Formeln (4) und (5) berechnet und für einzelne Werthe in der Nähe der Schattengrenze durch die transformirte Reihe controllirt. Zur Bestimmung der Maxima und Minima hat man die Wurzeln von $J_1(z) = o$ und $S = o$ nöthig. Diejenigen von $J_1(z) = o$ kann man als bekannt ansehn, und die andern ergeben sich näherungsweise aus den obigen Tabellen durch Interpolation. Man erhält hiermit für $m = 2\pi$ folgende Uebersicht:

$z =$ 0	$J_1(z) = 0$	1. Max.	$I =$ 4,00
$=$ 3,7	$S = 0$	1. Min.	$=$ 0,72
$=$ 3,83	$J_1(z) = 0$	2. Max.	$=$ 0,73
$=$ 7,01	$J_1(z) = 0$	2. Min.	$=$ 0,10
$=$ 7,9	$S = 0$	3. Max.	$=$ 0,12
$=$ 10,17	$J_1(z) = 0$	3. Min.	$=$ 0,01
$=$ 11,4	$S = 0$	4. Max.	$=$ 0,03
$=$ 13,33	$J_1(z) = 0$	4. Min.	$=$ 0,002
$=$ 14,5	$S = 0$	5. Max.	$=$ 0,01
—	—	—	—

Es findet somit hier nur ein einziges hervortretendes Maximum für $z = o$ statt, während im Uebrigen die Intensität vom Centrum nach dem Rande hin rasch abnimmt und nur an einzelnen Stellen gewissermassen ein Stillstand in dieser Abnahme eintritt. Ein solcher Stillstand ist z. B. in der Nähe von $z = 3.8$ zu bemerken, wo ein schwaches Minimum neben einem schwachen Maximum liegt. Durch eine kleine Veränderung von m würde man an dieser Stelle einen Inflexionspunkt erhalten. Hinter der geometrischen Schattengrenze werden die Oscillationen zwar grösser, die Intensität bleibt aber daselbst sehr klein.

Aus der zweiten Tabelle findet man die Maxima und Minima für $m = 4\pi$ folgendermassen:

---

und durch eine leichte Umformung:

$$\frac{1}{\pi}\int_0^1\int_0^{2\pi} \cos\left(z(1-2r\cos w + r^2)\right)\cdot r\,dr\,dw = \frac{J_0(2z)\cdot\sin 2z}{2z}$$

$$\frac{1}{\pi}\int_0^1\int_0^{2\pi} \sin\left(z(1-2r\cos w + r^2)\right)\cdot r\,dr\,dw = \frac{1-J_0(2z)\cdot\cos 2z}{2z}$$

Die Reihen für S_0 S_1 und S_2 finden sich auch bei Lommel «Studien über die Bessel'schen Functionen» in etwas anderer Weise abgeleitet.

$z = 0$	$J_1(z) = 0$	1. Min.	$I = 0{,}00$
$= 3{,}83$	$J_1(z) = 0$	1. Max.	$= 2{,}00$
$= 5{,}85$	$S = 0$	2. Min.	$= 1{,}20$
$= 7{,}01$	$J_1(z) = 0$	2. Max.	$= 1{,}40$
$= 10{,}17$	$J_1(z) = 0$	3. Min.	$= 0{,}45$
$= 10{,}5$	$S = 0$	3. Max.	$= 0{,}48$
$= 13{,}33$	$J_1(z) = 0$	4. Min.	$= 0{,}12$
$= 14{,}2$	$S = 0$	4. Max.	$= 0{,}15$
—	—	—	—

In der Axe ist somit die Intensität $= 0$, bleibt sehr klein bis ungefähr $z = 1$, wächst alsdann rasch und erreicht für $z = 3.83$ ihren Maximalwerth $I = 2$. Von da an nimmt sie stufenweise bis hinter die Schattengrenze ab und die Maxima und Minima treten nicht mehr merklich hervor. Innerhalb der Intervalle $z = 5.9$ und $z = 7.0$, 10.2 und 10.5, 13.3 und 14.2 kommt die Abnahme zum Stillstand und bleibt die Intensität nahezu unverändert.

Die folgende Tabelle enthält endlich noch eine Vergleichung der Intensitäten in der Focalebene $m = o$ und dem Querschnitt $m = 2\pi$, wobei die respectiven Intensitäten in der Axe als Einheit angenommen sind:

I

z	$m = 0$	$m = 2\pi$
0	1,000	1,000
1	0,775	0,779
2	333	384
3	051	192
4	001	178
5	017	133
6	008	053
7	000	025
8	003	028
9	003	015
10	000	004
11	001	007
12	001	006
13	000	001
14	000	002

Sind die Wellenlänge λ und das Verhältniss des Objectivradius zur Focallänge $\frac{R}{f}$ gegeben, so kann die Grösse m auch durch die Verschiebung df des Oculars aus der Focal-

stellung ausgedrückt werden. Man hat nämlich, da $\rho_1 = -f$ und $\rho_0 + \rho_1 = df$ zu setzen ist:

$$m = \frac{2\pi}{\lambda} R^2 \left(\frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_1}\right) = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{R^2}{f^2} df$$

oder

$$df = \frac{m\lambda}{2\pi} \left(\frac{f}{R}\right)^2.$$

Für Fernröhre gilt jetzt durchschnittlich bei freier Oeffnung des Objectivs das Verhältniss $\frac{R}{f} = \frac{1}{32}$; demnach ist für Licht mittlerer Wellenlänge und $m = 2\pi$:

$$df = 0^{mm}.00058 \cdot (32)^2 = 0^{mm}.6.$$

Um daher bei freier Oeffnung von der Focalstellung zur Stellung die $m = 2\pi$ entspricht überzugehn, braucht man das Ocular nur um ungefähr 0.6 mm. zu verrücken. Da sich der Focus nur in seltenen Fällen mit einer solchen Genauigkeit berichtigen lässt, so folgt, dass in Fernröhren bei freier Oeffnung nur äusserst selten die Fraunhofer'sche Beugungserscheinung rein zum Vorschein kommt, ganz abgesehen von den anderweitigen störenden Ursachen. Im Allgemeinen wird bei freier Oeffnung die Lichtvertheilung in beliebigen Querschnitten noch mehr durch die sphaerische Aberration und durch die Farbenzerstreuung als durch die Beugung bedingt sein. Bei allmäliger Abblendung des Objectivs wird dagegen der Einfluss der Beugung immer mehr Ueberhand nehmen.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 6.

ÜBER DIE SCHICHTENFOLGE

IN

DEN CARBONABLAGERUNGEN

IM SÜDLICHEN THEIL DES MOSKAUER KOHLENBECKENS.

VON

A. Struve.

LIBRARY OF CONGRESS
172720
AUG 29 1887
SMITHSONIAN DEPOSIT

Mit 1 Karte.

(*Lu le 10 décembre 1885.*)

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment. (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 15 Kop. = 3 Mrk. 80 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 6.

ÜBER DIE SCHICHTENFOLGE

IN

DEN CARBONABLAGERUNGEN

IM SÜDLICHEN THEIL DES MOSKAUER KOHLENBECKENS.

VON

A. Struve.

Mit 1 Karte.

(*Lu le 10 décembre 1885.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment. (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 15 Kop. = 3 Mrk. 80 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Septembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.

Auf Anregung des unvergesslichen Gregor von Helmersen, dem die Geologie Russlands und speciell die des Moskauer Beckens und die Kohlenindustrie des Reichs so viel verdankt, wurde mir im Jahre 1876 von Seiten des Bergdepartements der Auftrag den südlichen Theil des Moskauer Beckens, behufs Anfertigung einer genaueren geologischen Karte, von Neuem aufzunehmen. Gleichzeitig sollte ich dabei die stratigraphischen Verhältnisse jener Gegend möglichst eingehend studiren, da nur durch möglichst detaillirte Untersuchungen für die technische Verwerthung wirklich brauchbare Resultate erzielt werden können. Obwohl es mir bisher nicht möglich war, das ganze gesammelte Material vollständig zu verarbeiten, so halte ich es doch für angezeigt, vorläufig die Resultate, zu denen ich in Bezug auf die Schichtenfolge in den Carbonablagerungen des südlichen Theiles des Moskauer Kohlenbeckens gelangt bin, bekannt zu machen. Ich hoffe zugleich, dass meine Untersuchungen dazu beitragen werden die verwickelteren und meist sehr gestörten Schichtenverhältnisse der Kohlenfelder am Donetz und Ural aufzuklären, besonders da es immer wahrscheinlicher wird, dass das Moskauer Becken mit seiner nördlichen durch die Gouvernements Olonetz und Archangelsk sich ziehenden Verlängerung den Westrand und die Kohlenfelder am Donetz und Ural die Süd- und Osträndер eines einzigen zusammenhängenden ungeheueren gegen 2 Millionen Quadratwerst grossen Beckens bilden. In diesem grossen Gebiete ist wohl kaum eine andere Gegend für genauere geologische Untersuchungen so geeignet, wie gerade das Moskauer Becken, wo alle Schichten sich fast ganz in ihrer ursprünglichen Lage befinden und die sie zusammensetzenden Gesteine gar keine Veränderung erlitten haben.

Mit einem Theil des Gebiets, welches ich aufzunehmen beauftragt wurde, war ich schon seit längerer Zeit genau bekannt. Im Frühling 1869 wurde ich von dem leider zu früh verstorbenen Prof. Barbot de Marny aufgefordert, die Leitung der Untersuchungsarbeiten auf Steinkohle beim Dorfe Murajewna im Kreise Dankow des Gouvernements Rjasan zu übernehmen. In einer kleinen Schlucht vier Werst nördlich von Murajewna, an einem Zuflusse des Flusses Ranowa, war seit längerer Zeit schon das zu Tage Treten eines

Kohlenflötzes bekannt, doch waren bis dahin weder an diesem Orte, noch überhaupt im Gouvernement Rjasan irgend welche ernstliche Untersuchungsarbeiten auf Steinkohle ausgeführt worden. Die, in Bezug auf die Qualität der Kohle, welche bis heute an Güte von keiner anderen im Moskauer Becken übertroffen ist, sehr befriedigenden Resultate, veranlassten sehr bald einen unerwarteten Aufschwung der gesammten Kohlenindustrie im Moskauer Becken. Nach Beendigung der Arbeiten in Murajewna forderten mich die Moskauer Kaufleute Achenbach und Colley auf, für sie ein Kohlenlager im Moskauer Becken aufzusuchen und dessen Exploitation einzurichten. Dieselben hatten schon zuvor aber vergeblich auf diesen Gegenstand sehr bedeutende Summen verwandt. Nach einigen in der Nähe von Murajewna ausgeführten Bohrungen, die meine, durch die Arbeiten am letzteren Orte erhaltene Ansicht über die Unbeständigkeit der dortigen Kohlenflötze bestätigten, fand ich 25 Werst nördlich von Murajewna beim Kirchdorfe Tschulkowo ein grosses Kohlenlager, welches allen Anforderungen entsprach, so dass sofort zur Einrichtung der Grube geschritten werden konnte. In kurzer Zeit wurde diese Grube die grösste im Moskauer Becken und producirt gegenwärtig 8 bis 10 Millionen Pud jährlich. — Bevor ich zu den Untersuchungsarbeiten bei Tschulkowo schritt, bereiste ich die mittleren Theile der Gouvernements Tula und Rjasan und besuchte zu wiederholten Malen die wenigen bis dahin im Gouvernement Tula in Angriff genommenen Kohlengruben, wodurch ich mir aus eigener Anschauung ein deutlicheres Bild von den geologischen Verhältnissen jener Gegend verschaffte. Dabei gelangte ich zu ganz entgegengesetzten Folgerungen, wie sie der Bergingenieur Romanowskij [1]) (jetzt Professor am Berginstitut) ausgesprochen hatte, indem er die Kohlenflötze zwischen Tula und Rjaschsk als unbrauchbar erklärte. Die Thatsachen haben die Richtigkeit meiner damaligen Auffassung bestätigt, da gerade in diesem Theile die bisher besten Gruben des Moskauer Beckens sich befinden, nämlich die von Tschulkowo und Mochowoje (Kreis Bogorodizk, Gouvernement Tula).

Die von mir im Laufe von sieben Jahren (1876—1882) ausgeführten geologischen Aufnahmen erstrecken sich über eine Fläche von ungefähr 60000 Quadratwerst und zwar von Ost nach West (zwischen 4° 15′ und 10° östl. Länge von Pulkowa und 53° 27′ und 55° Breite) in einem Streifen von 120 bis 180 Werst Breite, auf einer Ausdehnung von 390 Werst. Sie umfassen den mittleren Theil des Gouvernements Rjasan, den grössten Theil der Gouvernements Tula und Kaluga, den südlichen Theil des Kreises Juchnow im Gouvernement Smolensk und den nördlichen Theil des Kreises Mzensk des Gouvernements Orel.

Die beigefügte kleine Uebersichtskarte ist eine verkleinerte Copie der von mir im Masstabe von 4 Werst im Zoll angefertigten und dem Bergdepartement vorgestellten geologischen Karte der untersuchten Gegend. In ihr sind die von mir im südlichen Theile des Moskauer Beckens beobachteten Ablagerungen unter Weglassung des Diluviums und Al-

1) Памятная книжка для русскихъ горныхъ людей 1863.

luviums aufgetragen. Die Carbonablagerungen werden im ganzen nördlichen Theile des Gouvernements Rjasan von jurassischen Schichten überlagert, welche von hier aus sich in die nordöstlichen Theile der Kreise Epifan, Wenew und Kaschira des Gouvernements Tula und weiterhin durch den Sserpuchow'schen Kreis des Moskauer Gouvernements in die Kreise Borowsk, Malojaroslaw und Medyn des Gouvernements Kaluga ziehen. Sie stehen demnach in directer Verbindung mit dem Moskauer Jurabecken, dessen südlichen Rand sie hier bilden. Inselförmig sind jurassische Schichten von mir und früher schon von Olivieri beim Dorfe Jegoriewskoje, im Kreise Kaluga und von Barbot de Marny [1]) und Romanowskij [2]) bei den Dörfern Nenaschewo, Taidakowo und Wolkowitschi (Kreis Alexin, Gouvernement Tula) beobachtet worden. Die von mir während der Aufnahmen aus den jurassischen Schichten gesammelten Fossilien sind von Prof. Lahusen [3]), welcher im Laufe der ersten drei Jahre von 1876 bis 1878 gleichzeitig und theilweise gemeinsam mit mir diese Gegend bereiste, speciell um als Palaeontolog bei Bearbeitung des gesammelten Materials behülflich sein zu können, bearbeitet und beschrieben. Im grössten Theile der Gouvernements Tula und Kaluga werden die Carbonschichten von diluvialem Thon und Sand überlagert. Der diluviale Thon bedeckt in einer zusammenhängenden Lage das ganze untersuchte Terrain, während der Sand im Gouvernement Rjasan nur im südlichen Theile auftritt, im Gouvernement Tula den südöstlichen und mittleren Theil und nur von Kaluga nahezu das ganze Gouvernement bedeckt. Im südwestlichen Theile des Gouvernements Kaluga liegen über den Carbonablagerungen Kreidebildungen. Möglicherweise muss zu denselben auch der Sandstein von Karowo (Kreis Tarussa) gerechnet werden, der vor längerer Zeit dicht bei diesem Dorfe gebrochen wurde und nach Mittheilungen von Romanowskij über dem Kohlenkalk liegt. Der Sandstein jedoch, welcher gegenwärtig an diesem Orte gebrochen wird, liegt unter dem Kohlenkalk in der kohlenführenden Etage.

Die Geschichte der vielen seit 1812 meist im Auftrage der Regierung, vornehmlich von Bergingenieuren ausgeführten Schürfungen und wissenschaftlichen Untersuchungen des Moskauer Beckens zu wiederholen, wäre hier überflüssig, da sie mit Ausnahme einiger neuerer Arbeiten sehr ausführlich von Schtschurowskij [4]) beschrieben sind. Ich will hier nur diejenigen Arbeiten erwähnen, welche speciell auf das von mir behandelte Thema der Schichtenfolge in den Carbonablagerungen Bezug haben.

Die ersten auf wissenschaftlicher Grundlage ausgeführten Forschungen im Moskauer Becken, wurden 1839 von Helmersen [5]) ausgeführt und zwar im Gouvernement Nowgorod. Er weist in denselben nach, dass die eigentliche productive Kohlenformation in jener Gegend fehlt und dass die kohlenführenden Sand- und Thonschichten, welche er zum Bergkalk

1) Verhandl. d. K. R. Mineralog. Gesellschaft 1853.
2) Горный Журналъ 1854, Bd. III..
3) Труды геологическаго комитета. Bd. I.
4) Исторія геологіи Московскаго бассейна. 1866 и 1867. Извѣстія общества любителей естествознанія, Bd. I.
5) Bullet. scientif. de l'Acad. de St. Pétersb. Bd. VII. Seite 69.

rechnete, nach den von Eichwald und L. v. Buch gemachten Bestimmungen der Fossilien, zwischen dem eigentlichen Kohlenkalk mit *Productus giganteus* und devonischen Schichten liegen. Im folgenden Jahre setzte Helmersen [1]) seine Untersuchungen nördlich von Moskau fort und traf bei Rshew auf hellgefärbte, *Spirifer Mosquensis* enthaltende Kalksteine, welche er als die oberen Schichten des Kohlenkalks bezeichnete, während er den Kalkstein mit *Productus giganteus* als die mittlere und die kohlenführenden Sand- und Thonschichten als unterste Schicht des Kohlenkalks ansah. Dass die beiden Fossilien *Productus giganteus* und *Spirifer Mosquensis* in diesen Schichten niemals gemeinsam vorkommen, war Helmersen damals noch nicht aufgefallen. Diese Thatsache constatirten Meyendorf und seine Begleiter Keyserling und Blasius, welche in demselben Jahre die nördlichen und mittleren Gouvernements Russlands bereisten [2]). Sie kamen jedoch zu einer entgegengesetzten Ansicht wie Helmersen, indem sie die Schichtenfolge von oben nach unten folgendermassen angaben.

1) Kalkstein mit *Spirifer* (*Orthis*) *resupinatus*, *Spirifer cuspidatus* und vielen Terebratulaarten aus der Familie Jugatae (*Spirifer* ähnliche). In diesem Kalkstein kommen bedeutende Sand- und Thonlagen vor, die Kohle enthalten.

2) Kalkstein mit *Productus gigas*. Nur in diesem Kalkstein beobachteten wir Trilobiten. Er enthält auch Sand und Thon mit Kohle.

3) Eine Etage, die durch das massenhafte Vorkommen von *Cidaris* charakterisirt wird.

4) Kalkstein mit *Spirifer Mosquensis*.

Die in dieser Zusammenstellung ausgesprochene irrthümliche Auffassung über die Lage der Schichten mit *Spirifer Mosquensis* wurde von Keyserling bei einem wiederholten Besuche der Okaufer zurechtgestellt und zwar bestätigte er dabei die von Helmersen früher angenommene Schichtenfolge. Im Jahre 1841 bereiste Helmersen [3]) die Gouvernements Tula und Kaluga. In seinem Berichte über diese Reise widerlegt er die Ansicht Meyendorf's, nach welcher im Moskauer Becken die Kohlenflötze der oberen Kohlenperiode, nämlich der westeuropäischen productiven Kohlenformation angehören sollen und giebt, nach Anführung einer Reihe beobachteter Profile, folgende Gliederung des Kohlenkalks:

1) Kalksteine und Mergel mit *Spirifer Mosquensis*, Cidarisstacheln und Korallen. Sie erfüllen die mittleren Räume des Moskauer Beckens und führen keine Kohle.

2) Kalksteine und Mergel mit *Spirifer resupinatus* und *Spirifer glaber*, ohne Kohle.

3) Kalksteine mit *Productus gigas* und Pflanzenresten, dunkler Kohlenthon und Kohlenflötze. Am Nordrande des Beckens liegt der Kalkstein immer über der Kohle, am Südrande wechselt er bisweilen mit derselben in Schichten von zwei bis drei Fuss Dicke. Zu der mittleren Etage rechnet Helmersen die obersten Kalksteinschichten von Alexin mit

---

1) Bullet. scientif. de l'Acad. de St. Pétersb. Bd. VIII, Seite 166.

2) Bullet. de la société des naturalistes de Moscou, 1842.

3) Bullet. scientif. de l'Acad. de St. Pétersb. Bd. 10. Seite 228.

Spirifer glaber, *Spirifer resupinatus*, *Spirifer priscus* Eichw., *Productus Martini* (*semireticulatus*), *Productus hemisphaericus* und *Terebratula ambigua* und die Schichten von Sserpuchow mit *Productus Martini* und *Terebratula ambigua*. Unter diesen Schichten, sagt Helmersen, treten bei Alexin dicke Bänke grauen und schwärzlichen Kalksteins und dolomitische Schichten auf mit *Productus gigas*, *Syringopora ramulosa* Gldf. und Stigmarienstämmen, unter denen am Ufer der Oka grauer Kohlenthon mit zwei dünnen Kohlenflötzen liegt. Helmersen trennt hier nicht die kohlenführende Etage vom Kohlenkalk, sondern rechnet sie als das unterste Glied desselben, in dessen obersten Theilen beim Dorfe Gorainowo (Kreis Tarussa, Gouvernement Kaluga) er Sandstein mit Stigmarienstämmen fand, welche, wie er ausdrücklich erwähnt, in den oberen Schichten mit *Orthis resupinata* fehlen. Vergleicht man diese von Helmersen bei seiner ersten Reise in die Gouvernements Tula und Kaluga gegebene Gliederung des Kohlenkalks mit der von mir im Folgenden beschriebenen, so sieht man, dass sie mit einander sehr übereinstimmen. Die mittlere Etage 2 ist dieselbe, welche ich unter dem Namen «Schichten mit *Spirifer trigonalis*» erwähne und die untere wird durch die von mir als Stigmarienschichten bezeichneten Ablagerungen gebildet. Von den drei Etagen des Kohlenkalks, welche Helmersen aufgestellt hatte, erkannte Murchison in seiner Geology of Russia nur die obere und untere an, während er die mittlere, als nicht genügend durch *Orthis resupinata* charakterisirt, verwarf, da dieses Fossil sowohl in den obersten als untersten Schichten vorkommt, dagegen fügt er als oberstes Glied des Kohlenkalks den Kalkstein mit *Fusulina cylindrica* hinzu. Durch die Beobachtungen von Fischer und Pander [1]) wurde jedoch nachgewiesen, dass *Spirifer Mosquensis* und *Fusulina cylindrica* auch sehr häufig gemeinsam in denselben Schichten vorkommen und wurden daher in der Folge allgemein in unserem Kohlenkalk nur zwei Abtheilungen angenommen, nämlich die Schichten mit *Spirifer Mosquensis* und die mit *Productus giganteus*. 1852 bereiste Pander in Begleitung von Jeremejew [2]) das Gouvernement Tula und giebt letzterer in seinem Berichte eine neue Schichtenfolge für die dortigen Carbonablagerungen, dasselbe that auch Barbot de Marny [3]), welcher im folgenden Jahre dieselbe Gegend besuchte. Im grossen Ganzen ist die Schichtenfolge bei beiden sehr ähnlich, doch stimmt sie mit meinen Beobachtungen nicht überein. Ihnen diente eine gewisse Microconchusschicht, die aus gelbem Thon mit *Microconchus carbonarius* Murch. bestand und selten über einen Fuss Mächtigkeit erreichen soll, als leitend zur Vergleichung der an verschiedenen Punkten angetroffenen Schichten untereinander. Dünne gelbe Thon- und Mergellagen mit undeutlichen Muschelresten und Foraminiferen kommen aber häufig als Zwischenmittel in den Kalksteinen aller Horizonte vor und sind daher nicht charakteristisch für einen bestimmten Horizont. Durch jene Microconchusschicht verleitet haben beide die Schichtenfolge im Kohlenkalk irrig aufgefasst und bildet unter anderem bei Barbot de Marny der

1) Горн. Журн. 1846. Bd. IV.
2) Горн. Журн. 1853. Bd. III.
3) Verhandlungen der K. R. Mineralog. Gesellsch. 1853.

Kalkstein mit Stigmarienresten, dessen Helmersen schon als des untersten Gliedes des Kalksteins mit *Productus giganteus* erwähnt, das oberste Glied desselben. Eine grosse Anzahl Angaben nebst kleinen geologischen Karten dieser Gegend, verdanken wir Romanowskij [1]), der von 1851 an elf Jahre lang dort thätig war. Derselbe trennt die eigentlichen kohlenführenden Sand- und Thonschichten vom Kohlenkalk und stellt sie als selbständige Etage auf. Im unteren Kohlenkalk des Gouvernements Rjasan unterscheidet er zwei Horizonte. Wie aus einer Besichtigung der von ihm angeführten Oertlichkeiten und aus seinem Reiseberichte hervorgeht, sind diese beiden Horizonte dieselben, welche ich als die Schichten mit *Productus striatus* und die mit Stigmarien bezeichnet habe.

Die Schichten unter der kohlenführenden Etage wurden bisher allgemein nach dem Vorgange von Helmersen und Murchison als zum Devon gehörig angesehen, nur Romanowskij [2]) bezeichnete schon früher die obersten Schichten als Uebergangsschichten, während er die unteren, über den devonischen Schichten von Orel liegenden Kalksteine in eine Gruppe, die Cytherinen Etage, vereinigte. Barbot de Marny kam in einer seiner letzten Schriften [3]) zu derselben Ansicht und nahm an, dass die die kohlenführenden Schichten unterlagernden Kalksteine als ein Uebergangsglied vom Devon zum Carbon angesehen werden müssten. Eine genauere Beschreibung der in diesen Schichten angetroffenen Fossilien war von P. P. Ssemenow und V. v. Möller [4]) gegeben, wobei sie eine neue Etage, welche sie Malewka Murajewna-Etage nannten, aufstellten und dieselbe für das oberste Glied des Devon ansahen. Weiter unten werde ich, bei Besprechung der einzelnen Schichten, näher auf diese Arbeiten eingehen.

Die neueste Theilung des Kohlenkalks auf Grundlage der in ihm auftretenden Foraminiferen ist von V. v. Möller [5]) gegeben. Da Möller sich theilweise auf Angaben, die er von mir erhalten hat, stützt, werde ich diese Gliederung genauer in meiner Arbeit besprechen.

Was die Verbreitung der Kohlenflötze anbetrifft, so ist bisher allgemein die Ansicht verbreitet gewesen, dass dieselben nur nesterweise in der kohlenführenden Etage vorkommen. Dies sprechen sowohl Helmersen wie Romanowskij aus. Letzterer hatte diese Ansicht in Folge seiner Forschungen im südlichen Theile des Rjasanschen Gouvernements gewonnen. Seine Annahme ist, wie ich es weiterhin zeigen werde, vollkommen richtig, so weit sie die vom Kohlenkalk nicht bedeckten Theile des Moskauer Beckens betrifft. Helmersen kam jedoch später von dieser Auffassung ab und sucht im Gegentheil in seiner letzten Schrift über die Steinkohlen des mittleren Russlands die grosse Ausdehnung der dortigen Kohlenflötze nachzuweisen, eine Auffassung zu der auch ich gelangt bin.

---

1) Die Reiseberichte von Romanowskij sind im Bergjournal und in der Памятная книжка для русскихъ горныхъ людей für 1863 erschienen.

2) Горн. Журн. 1864. Bd. II.

3) Горн. Журн. 1878, IV.

4) Bullet. de l'Acad. de St. Pétersb. Bd.

5) Mémoires de l'Acad. de St. Pétersb. T. XXVII, № 5.

Schichtencomplex mit Spirifer Mosquensis.

Aus allen bisher im Moskauer Becken ausgeführten geologischen Forschungen ergiebt sich in Bezug auf die Schichtenfolge im Kohlenkalk nur die eine unbestreitbare Thatsache, dass in demselben zwei scharf von einander getrennte Abtheilungen unterschieden werden können, von denen die obere durch *Spirifer Mosquensis*, die untere dagegen durch *Productus giganteus* characterisirt wird.

In dem Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis* ist es nicht möglich gewesen deutliche Horizonte auf Grundlage des gesammelten palaeontologischen Materials zu erkennen. Wenn ich trotzdem hier versuchen will eine gewisse Schichtenfolge nachzuweisen, so geschieht dasselbe nur auf rein petrographische Merkmale hin, deren Gültigkeit für den übrigen Theil des Beckens erst nachgewiesen werden muss.

Die oberste Lage des Schichtencomplexes mit *Spirifer Mosquensis* wird von einem gelben, häufig thonigen, zuweilen etwas sandigen Kalkstein gebildet, der dünne Lagen schwarzen oder gelben Feuersteins enthält. Er ist sehr arm an Fossilien, nur in den Feuersteinlagen kommt *Spirifer Mosquensis* und *Archaeocidaris rossicus* öfter vor. Foraminiferen enthält er keine. Diese Schicht ist im Gouvernement Rjasan am rechten Ufer der Pronja (rechter Zufluss der Oka) bei den Dörfern Uchorskaja und Maloje Pirogowo (Kreis Spassk, am rechten Ufer der Oka beim Dorfe Wyshgorod (Kreis Rjasan) und im Gouvernement Tula an beiden Ufern der Osetr, bei den Dörfern Ssemenkowà und Perekal und am Bache Loschatowka (Kreis Wenew) entblösst. In Uchorskaja tritt unter dem gelben Kalkstein ein fester weisser Kalkstein in Lagen von 0,5 bis 1 Meter auf, der voller Crinoidenreste ist und *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Spirifer lineatus* Mart., *Orthis resupinata* und *Fusulina cylindrica* Fisch. in sehr grosser Menge enthält. Dieser feste weisse Kalkstein wird in der Nähe der Mündung der Istja in die Oka beim Dorfe Kamenka (Kreis Pronsk, Gouvernement Rjasan) gebrochen. Er steht hier gegen 7 Meter hoch an und die unterste Lage desselben enthält in sehr grosser Menge *Fusulina cylindrica*, so dass sie fast nur aus den Schalen derselben gebildet zu sein scheint. In den mittleren und oberen Lagen dagegen fehlt *Fusulina cylindrica* und ist in denselben nur *Fusulinella Bocki* Möll. und *Cribrostomum patulum* Brady gefunden worden. Beim Dorfe Bolschoje Pirogowo (Kreis Spask, Gouvernement Rjasan) am rechten Ufer der Oka liegt unterm weissen harten Kalkstein ein weicher kreideähnlicher Kalkstein, der frisch gebrochen sich leicht mit dem Beile bearbeiten lässt. Dieser Kalkstein ist an der Mündung des Baches Itja in die Pronja beim Dorfe Stolbzy (Kreis Pronsk, Gouvernement Rjasan) und am ganzen Laufe der Istja von Kamenka flussaufwärts aufgeschlossen, wie z. B. beim Dorfe Bobrowiki, dann im Steinbruch Bjelaja Gora und in der Schlucht Streliza zwischen den Dörfern Kulakowa und Chruschtschewa (alle im Kreise Pronsk, Gouvernement Rjasan). In dem Kalkstein von Bobrowiki fand Möller[1]) *Fusulinella sphaeroidea* Ehrenb.,

1) Die Foraminiferen des russ. Kohlenkalks (Mém. de l'Acad. des. sc. de St. Pétersbourg. T. XXVII № 5.).

ausserdem kommen in demselben Orte in sehr grosser Menge *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Chonetes variolata* d'Orb., *Archaeocidaris rossicus* v. Buch und Kelchplatten von Crinoiden vor; in der Schlucht Streliza ausser den genannten noch *Amplexus conicus* Fisch. Am letzteren Orte besteht diese Schicht aber aus einem weissen Mergel, welcher nur dünne Lagen härteren weissen Kalksteins enthält. Beim Dorfe Aljutowa am linken Ufer der Pronja im Kreise Pronsk sieht man folgendes Profil.

1) Tschernosem	0,36	Meter.
2) Brauner diluvialer Thon	0,62	»
3) Brauner sandiger Thon	3,37	»
4) Hellgelber sandiger Thon, ganz angefüllt mit *Pseudomonotis subechinata* Lach., ausserdem *Harpoceras Brightii* Pratt und *Cosnoceras Pollux* Rein.	4,14	»
5) Grauer Thon mit schlecht erhaltenen Resten von Belemniten und Ammoniten	1,02	»
6) Brauner thoniger Sand mit dunkelbraunem bohnerzhaltigem Sandstein	1,95	»
7) Grauer Sand	0,36	»
8) Weisser Thon und Mergel	1,51	»
9) Weicher grünlichgrauer Sandstein mit dünnen Lagen rothen und grünen Thones abwechselnd	0,67	»
10) Rother und grüner Thon mit weissem thonigem Kalkstein in dünnen Lagen abwechselnd bis zum Spiegel des Flusses	2,84	»

Die Schicht (8), der weisse Thon und Mergel, ist dieselbe wie die an der Istja bei Bobrowiki, Strelitza etc.

Die obersten Lagen des weissen thonigen Kalksteins (10) enthielten *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Productus Cora* d'Orb., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Amplexus conicus* Fisch. *Archaeocidaris rossicus* v. Buch und Möller[1]) fand in dem grünen Thon, welcher die Kelche von *Amplexus conicus* anfüllte:

Fusulinella Bocki Möll.
Fusulinella Bradyi Möll.
Cribrostomum patulum Br.
Tetrataxis conica Ehrenb.
Fusulinella sphaeroidea Ehrenb.
Endothyra crassa Br.
Cribrostomum Bradyi Möll.

Der weiche grünlichgraue Sandstein tritt dicht bei Pronsk in der Schlucht Smerdjak zu Tage. Gleich unterhalb Pronsk an der Pronja ist nur ein weisser ziemlich harter Kalkstein mit *Productus giganteus* und *Productus striatus* zu sehen. Ein paar Werst oberhalb Aljutowa beim Dorfe Jablonowo tritt derselbe rothe Thon auf mit einer Lage weissen sehr

1) L. c. pag. 96.

festen Kalksteins unter dem hoch aufgeschlossen derselbe weisse Kalkstein wie bei Pronsk ansteht. Er enthält hier

Productus giganteus Mart.
Productus longispinus Flem.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Strephodes Stutshburi E. H.
Productus striatus Fisch.
Spirifer glaber Mart.
Allorisma sulcata Phill.

Unweit der Mündung der Ranowa in die Pronja im Kreise Pronsk beim Dorfe Simion, nur 12 Werst südlich von dem früher erwähnten Dorfe Stolbzy tritt unter jurassischen Schichten der rothe und grüne Thon ebenfalls zu Tage und wird hier von einem grauen Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Syringopora gracilis* Keys., *Siderospongia sirensis* Trtsch. unterlagert. Am linken Ufer des Osetr beim Dorfe Tolstyje (Kreis Wenew, Gouvernement Tula) sieht man ganz oben am Abhange ebenfalls unter jurassischen Schichten:

1) Weissen weichen Kalkstein.
2) Rothen Thon.
3) Gelblichweissen nur aus Crinoidenresten bestehenden Kalkstein ohne Foraminiferen.
4) Gelblichweissen Kalkstein mit *Productus Youngianus* Davids., *Productus costatus* Sow., *Orthis resupinata* Mart., *Phillipsia mucronata* M'Coy, ohne Faraminiferen.
5) Weissen ziemlich harten Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Solemya primaeva* Phill., *Allorisma sulcata* Phill., *Lonsdalia floriformis* Flem., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva* Möll. *Fusulinella Struvii* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Cribrostomum commune* Möll., *Nodosinella index* Ehrenb., *Tetrataxis conica* Ehrenb.

Von Tolstyje den Osetr flussabwärts fallen die Schichten sichtbar ein, und fünf Werst unterhalb beim Dorfe Mjachkoje sieht man den unteren weissen Kalkstein und den Crinoidenkalk nicht mehr, sondern in allen kleinen Wasserrissen bis zum Dorfe Sserebrjanyje Prudy, nur noch den rothen Thon. Am letzteren Orte im kleinen Bache Aksen tritt im rothen Thon ein fester gelblichweisser Kalkstein auf, in welchem Möller[1]) folgende Foraminiferen fand:

Fusulinella sphaeroidea Ehrenb.
Bradyina nautiliformis Möll.
Cribrostomum pastulum Brady.
Nodosinella tenuis Möll.
Fusulinella Bradyi, Möll.
Fusulina cylindrica, Fisch.
Tetrataxis conica Ehrenb.

Ausserdem enthielt er:

Spirifer Mosquensis Fisch.
Concocordium Uralicum Vern.
Spirifer lineatus Mart.

1) L. c. pag. 85.

Noch ein paar Werst weiter flussabwärts beim Dorfe Ssemenkowa liegt, über dem rothen Thon und weissen weichen kreideähnlichen Kalkstein, ein fester gelblichweisser Kalkstein mit *Productus aculeatus* Mart., *Chonetes varialota* d'Orb., *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Spirifer lineatus* Mart., einer grossen Anzahl Gasteropoden (die aber leider alle nur als Steinkerne erhalten sind) und *Bradyina nauutiformis* Möll., *Fusulinella sphaeroidea* Ehrenb. und über diesem ein gelber etwas thoniger und sandiger Kalkstein, gleich dem von Mchorskaja. Diese gelben und gelblich weissen Kalksteine sind gegenüber Ssemenkowa im Dorfe Perekal und nördlich am Bache Loschatowka entblösst. In Perekal enthielt der gelbe Kalkstein keine Foraminiferen, an der Loschatowka beim Dorfe Kljemowo *Streptorhynchus eximia* Eichw., *Fusulinella Bocki* Möll. und *Cribrostomum elegans* Möll. Ebenso tritt dieser Kalkstein am rechten Ufer der Oka beim Dorfe Wyshgorod (Kreis Rjasan), dann an den rechten Zuflüssen der Oka, der Pawlowka bei Roshok und Glasgowa und der Pletenka bei Wysokoje zu Tage. Der Kalkstein von Roshok ist ungemein reich an Gasteropoden, von denen *Loxonema rugifera* Phill. besonders häufig vorkommt. Dieser gelbe und gelblichweisse Kalkstein ist derselbe, wie der in Uchorskaja und Maloje Pirogowo, er liegt über dem an *Fusulina cylindrica* so reichen Kalkstein von Kamenka an der Istja und bildet allenthalben, wo er auftritt, die oberste Schicht, gleich unter den jurassischen Schichten.

Von Tolstyje flussaufwärts kommen am Osetr nirgends mehr Schichten mit *Spirifer Mosquensis* vor, sondern nur Kalksteinschichten mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* etc. die, wie aus dem Früheren zu sehen ist, unter dem rothen Thon und dem Crinoidenkalk liegen. — Nur im oberen Laufe des Baches Mordwes (linker Zufluss des Osetr) trifft man wieder vom Dorfe Bolschaja Orechowa flussaufwärts auf Schichten mit *Spirifer Mosquensis* und zwar zuerst den in den oberen Lagen des rothen und grünen Thones liegenden grünlichgrauen Sandstein und dann den weissen thonigen kreideähnlichen Kalkstein mit *Spirifer Mosquensis*.

An den Quellen des Baches Besputa, der von rechts 10 Werst oberhalb der Stadt Kaschira in die Oka mündet, findet sich beim Dorfe Toropowa (Kreis Tula):

1) Weisser dichter Kalkstein nach unten in weichen gelben Kalkstein übergehend mit *Productus giganteus* Mart., *Productus punctatus* Mart., *Productus undatus* Defr., *Productus Cora* D'Orb., *Productus lobatus* Sow., *Chonetes papilionacea* Phill., *Spirifer trigonalis* Mart., *Athyris ambigua* Sow., *Orthis resupinata* Mart., *Rhynchonella pugnus* Mart., *Rhynchonella pleurodon* Phill., *Allorisma sulcata* Phill., ohne Foraminiferen.
2) Dunkelgrauer schiefriger Thon mit *Athyris ambigua* Sow., *Productus lobatus* Sow., *Orthis resupinata* Mart., *Chonetes variolata* D'Orb., ohne Foraminiferen.
3) Grauer nur aus Crinoidenresten bestehender Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus undatus* Defr., *Productus costatus* Sow., *Orthis resupinata* Mart., *Spirifer glaber* Mart., *Spirifer lineatus* Mart., *Spirifer trigonalis* Mart., *Athyris planosulcata* Phill., *Terebratula sulcisinuata* Sow., *Allorisma sulcata* Phill. 7,00 Meter.

4) Eine Korallenbank nur aus *Cyathophyllum paracida* M'Coy, *Amplexus coralloides* Sow., *Amplexus arietinus* Keys., *Syringopora distans* Fisch., *Lonsdalia floriformis* Flem.
5) Hellgrauer weicher Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra Bowmani* Phill., *Fusulinella Struvii* Möll., *Archaediscus Karreri* Br.

Etwa fünf Werst unterhalb Toropowo beim Dorfe Litschinkina:

1. Rother und grüner Thon mit dünnen Lagen weissen festen Kalksteins abwechselnd.
2. Weisser dichter Kalkstein mit denselben Fossilien wie in (1) bei Toropowo.
3. Dunkelgrauer schiefriger Thon = (2) bei Toropowo.

Die Kalksteinlagen im rothen und grünen Thon enthielten *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Archaeocidaris rossicus* v. Buch und *Fusulina cylindrica* Fisch. Der rothe und grüne Thon hier ist derselbe, welcher in Jablonowo über dem Kalkstein mit *Productus striatus* liegt. In Tolstyje liegt aber zwischen dem rothen Thon und dem Kalkstein mit *Productus striatus* der Crinoidenkalk, welcher dort nur 2 Arschin mächtig ist und der gelblichweisse Kalkstein (4). An der Besputa haben sich zwischen den Crinoidenkalk und den rothen Thon noch zwei Schichten, der dunkelgraue schiefrige Thon und der dichte weisse nach unten in gelben weichen übergehende Kalkstein eingeschaltet.

Die Besputa weiter flussabwärts treten noch 7 Werst weiter bis zum Dorfe Kunejewa überall die Schichten (1), (2) und (3) auf und über ihnen liegt hier ein weisser weicher Kalkstein, welcher häufig in weissen Mergel oder Thon übergeht und in verschiedenen Horizonten dünne Lagen festen weissen und gelblich weissen Kalksteins enthält. In diesen Lagen kommt beim Dorfe Toloknejewa an einem linken Zufluss der Besputa (Kreis Tula) in ziemlich grosser Anzahl *Fusulina cylindrica* vor. — Etwas unterhalb Toloknejewa, an demselben Zufluss der Besputa, unweit des Dorfes Milino tritt der rothe Thon unter dem weissen Kalkstein auf und wiederum unter dem Thon der weisse dichte Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus punctatus* Mart., *Productus scabriculus* Mart., *Productus Youngianus* Davids., *Productus costatus* Sow., *Orthis resupinata* Mart., *Spirifer trigonalis* Sow., *Streptorhynhus crenistria* Phill., *Allorisma sulcata* Phill., *Phillipsia mucronata* M'Coy, und tiefer der dunkelgraue schiefrige Thon. Der rothe Thon enthält hier in seinen untersten Lagen dünne gelblichweisse sehr harte Kalksteinplatten, die überfüllt sind mit *Fusulina cylindrica* Fisch., *Chonetes variolata* d'Orb., *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Archaeocidaris rossicus* v. Buch.

Die Besputa weiter flussabwärts beim Dorfe Sresnewo:

1) Fester weisser Kalkstein in dünnen Platten mit *Spirifer Mosquensis*, *Fusulina cylindrica* Fisch., *Fusulinella Bocki* Möll. und *Cribrostomum elegans* Möll.
2) Gelblichweisser Kalkstein in Lagen von 0,5 Meter mit wenigen schlecht erhaltenen Foraminiferen.
3) Rother und grüner Thon.

Diese drei Schichten treten weiter am ganzen Laufe der Besputa auf; nur etwas unterhalb der Mündung des Baches Wosjma in die Besputa verschwindet die Schicht (3). Am Bache Wosjma selbst treten aber alle drei Schichten wieder auf und zeigen hier ein schwaches Ansteigen nach Westen. An der Besputa selbst aber sieht man, dass die Schichten von Toropowo flussabwärts also nach Norden einfallen. Demnach ist das allgemeine Einfallen der Schichten nach Nord-Osten, was auch durch den Umstand bestätigt wird, dass südlich von Toropowo am Bache Werkuscha (linker Zufluss des Osetr) oberhalb des Dorfes Iwaschkowa-staraja wiederum der Kalkstein mit *Productus striatus* auftritt, welcher beim Dorfe Tolstyje unter dem Crinoidenkalk lag.

Vergleicht man die bisher angeführten Profile mit dem von Murchison von Kaschira gegebenen, so sieht man, dass dieselben vollkommen übereinstimmen, nur fehlen bei Kaschira die untersten Lagen des rothen Thons und die Schichten mit *Productus giganteus*. — Diese Schichten treten die Oka flussaufwärts allmählich wieder hervor.

Die Steinbrüche bei Serpuchow an der Oka; in Saborje am linken Ufer und Podmoklowo am rechten Ufer sind im Crinoidenkalk, der hier gegen 10 Mtr. mächtig ist, angelegt. Ueber dem Crinoidenkalk liegt der graue schiefrige Thon, der hier massenhaft *Productus lobatus* Sow., *Athyris ambigua* und *Spirifer trigonalis* Mart. enthält. Der Crinoidenkalk von Saborje enthält in einigen Lagen vereinzelte Exemplare von *Archaediscus Karreri* Br., *Endothyra parva* Möll. und *Cribrostomum Bradyi* Möll., in den meisten Lagen aber gar keine Foraminiferen, ausserdem: *Productus lobatus* Sow., *Productus Cora* d'Orb., *Athyris ambigua* Sow., *Athyris Puschiana* Vern., *Spirifer trigonalis* Mart., *Spirifer glaber* Mart., *Allorisma regularis* King., *Nautilus regulus* Eichw., *Nautilus ingens* Mart., *Nautilus bicarinatus* Vern., *Orthoceras Polyphemus* Fisch., *Leptocantus ramosus* Eichw.

In dem Kalkstein von Podmoklowo kommen ebenfalls in den meisten Lagen keine Foraminiferen vor, nur in der untersten fanden sich einzelne Exemplare von *Archaediscus Karreri* Br., *Nodosinella index* Ehrenb. und undeutliche Endothyren. — Ausserdem:

Productus giganteus Mart.
Productus lobatus Sow.
Spirifer trigonalis Mart.
Orthis resupinata Mart.
Amplexus robustus de Kon.

Ueber dem grauen schiefrigen Thon liegt in Podmoklowo der roth und grün gefärbte Thon mit *Spirifer Mosquensis* enthaltenden Kalksteinlagen. Der zwischen diesen beiden Schichten an der Besputa liegende weisse feste Kalkstein ist hier vom Thon verdeckt, doch tritt er bei Serpuchow am Bache Nara wieder auf, ebenso wie südlich von Podmoklowo am ganzen Laufe des Baches Skniga, der Serpuchow gegenüber in die Oka mündet. Auch die anderen an der Besputa genannten Schichten sind in derselben Reihenfolge an letzterem Bache an sehr vielen Orten zu sehen, nur fehlt die oberste Schicht von der Besputa der weisse weiche Kalkstein. Beim Dorfe Roshestwennoje an der Skniga tritt auf:

1) Rother und grüner Thon.
2) Weisser dichter Kalkstein ohne Foraminiferen.
3) Gelber weicher Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Spirifer trigonalis* Mart., *Spirifer glaber* Mart., *Phillipsia mucronata* M'Coy, *Endothyra crassa*[1]) Br. (massenhaft), *Bradyina rotula* Eichw., *Archaediscus Karreri* Br. (selten).
4) Dunkelgrauer schiefriger Thon mit *Productus lobatus* Sow., *Spirifer trigonalis* Mart., *Rhynchonella pleurodon* Phill.

Der weisse Kalkstein der Schicht (2) ist hier in den obersten Lagen cavernös und bildet unregelmässige Massen, zwischen denen überall rother und grüner Thon liegt; ebenso wie auch die Höhlungen mit diesem Thon ausgefüllt sind. Fossilien sind in diesem cavernösen Kalkstein keine gefunden worden.

An der Oka von Podmoklowa flussaufwärts ist der rothe Thon nirgends mehr zu sehen, doch findet man ihn an allen ihren Zuflüssen bis zur Stadt Alexin. Am Bache Waschana der 11 Werst unterhalb Alexin in die Oka mündet, tritt der rothe Thon jedoch nur selten am linken Ufer auf, sondern meist in den höchsten Stellen der Querthäler am rechten Ufer. Im mittleren und unteren Laufe desselben kommen hier unter dem Crinoidenkalk tiefer liegende Schichten zu Tage, darunter der früher schon öfter erwähnte Kalkstein mit *Productus striatus*. Der rothe Thon keilt sich demnach südlich von der Waschana bald aus und bildet dieser Fluss ziemlich genau hier seine Südgrenze. An den unterhalb der Waschana von rechts in die Oka mündenden Bächen der Wipreika und Sknischka treten die unterm Crinoidenkalk liegenden Schichten erst in der Nähe ihrer Mündungen auf. An ihrem übrigen Laufe sieht man immer nur dieselben Schichten wie in Roshestwennoje an der Skniga.

Von Serpuchow weiter nach Westen längs dem ganzen Laufe der Protwa, die von links 9 Werst oberhalb Serpuchow in die Oka mündet und deren Zuflüssen, sind ebenfalls dieselben Schichten wie an der Besputa und Skniga entwickelt. Im unteren Laufe derselben fehlt der kreideähnliche weisse Kalkstein mit *Spirifer Mosquensis*, der über dem rothen Thon liegt; er tritt hier erst oberhalb der Mündung der Lusha in die Protwa im Kreise Borowsk auf. Unter ihm sieht man auch hier überall den rothen Thon anstehen. — Ebenso wie an der Oka haben auch an der Protwa alle Schichten ein beständiges Einfallen nach Osten. Unweit ihrer Mündung beim Dorfe Kislinka ist:

1) Rother Thon.
2) Weisser harter cavernöser Kalkstein ohne Foraminiferen.
3) Grauer schiefriger Thon.

Weiter oberhalb in einer Schlucht am linken Ufer der Protwa unweit vom Dorfe Altuchowo.

---

1) Die Foraminiferen aus diesem Orte von Möller bestimmt l. c p. 91.

1) Rother Thon.
2) Harter cavernöser Kalkstein.
3) Weicher gelber Kalkstein.
4) Dunkelgrauer schiefriger Thon mit Zwischenlagen eines dunkelbraunen weichen thonigen etwas sandigen Kalksteins.
5) Crinoidenkalk mit *Athyris ambigua* Sow., *Athyris planosulcata* Phill., *Productus lobatus* Sow.
6) Weicher hellgrauer Kalkstein.
7) Hellgrauer sehr harter Kalkstein nur aus Brachiopodenschalen bestehend, darunter *Spirifer glaber* Mart., *Spirifer trigonalis* Mart., *Spirifer striatus* Mart., *Orthis resupinata* Mart., *Athyris ambigua* Sow.

Längs dem Bache Lusha, einem rechten Zufluss der Protwa, sind die oberen drei hier erwähnten Schichten bis 30 Werst oberhalb der Stadt Malojarosslawetz sichtbar; der rothe Thon verschwindet dann und weiter hinauf sind nur noch die Schichten (2), (3) und (4) von Altuchowo vorhanden. Südlich von der Protwa an den linken Zuflüssen der Oka, der Tarussa und dem kleinen Bache Pachabnja, trifft man den rothen Thon nur noch an den höchsten Punkten in einigen Querthälern. So beim Dorfe Schopina an der Pochalnja sieht man folgendes Profil:

1) Rother und grüner Thon.
2) Weisser cavernöser Kalkstein.
3) Weisser dichter Kalkstein mit *Productus punctatus* Mart., *Allorisma regularis* King.
4) Weicher gelber Kalkstein.
5) Grauer schiefriger Thon.
6) Crinoidenkalk.
7) Hellgrauer Kalkstein.

Der rothe Thon keilt sich hier in der Nähe des Baches Myschiga, der gegenüber Alexin in die Oka mündet, aus.

Aus allem bisher Gesagten folgt, dass die oberste Schicht mit *Spirifer Mosquensis* in diesem Theile des Moskauer Beckens ein gelber, thoniger weicher, meist etwas sandiger Kalkstein bildet, der zuweilen untergeordnete Lagen Feuersteins enthält. Er ist in seinen obersten Lagen sehr arm an Fossilien, und *Fusulina cylindrica* ist bisher in ihm nicht gefunden worden. — Hierher gehören: die Kalksteine von Uchorskaja, Malaja Pirogowa, Poshok, der Loschatowka etc. Im Gouvernement Rjasan, im westlichen Theile des Spasski'schen, im südlichen des Rjasanschen und Saraiskischen Kreises und im Gouvernement Tula im östlichen Theile des Wenewschen und Kaschirschen Kreises ist er entwickelt. Unter diesem Kalkstein liegt ein weisser kreideähnlicher Kalkstein, der zuweilen in weissen Mergel oder Thon übergeht und mehr oder weniger mächtige Lagen härteren weissen Kalksteins enthält, in einigen von denen *Fusulina cylindrica* massenhaft auftritt, aber in anderen wiederum vollständig fehlt. Die Kalk-

steine von der Istja bei Kamenka, Bobrowiki, Schlucht Streliza, von der Besputa und von Borowsk gehören zu dieser Schicht. — Sie bedeckt den nördlichen Theil der Kreise Pronsk und Michailow im Gouvernement Rjasan, den grössten Theil des Kaschir'schen und den östlichen des Alexinschen Kreises im Gouvernement Tula und endlich im Gouvernement Kaluga den Borowskischen Kreis. Die unterste Schicht bildet der rothe und grüne Thon, in den oberen Theilen mit Zwischenlagen grünlichgrauen, meist weichen Sandsteins, in den unteren mit mehr oder weniger mächtigen Zwischenlagen weissen weichen thonigen oder gelblichweissen harten Kalksteins. In einzelnen Lagen dieses harten Kalksteins kommt *Fusulina cylindrica* in sehr grosser Anzahl vor. — Diese Schicht unterlagert allenthalben die vorhergenannten. Ihre Südgrenze zieht sich in ziemlich gerader Linie von Ost-Südost nach West-Nordwest am linken Ufer der Pronja entlang bis hinter die Stadt Michailow, biegt westlich von der Stadt steil nach Norden und überschreitet bei Tolstyje den Osetr, zieht sich an der Wasserscheide zwischen der Besputa und dem Osetr entlang zur Waschana, dann längs letzterem Flusse und dem linken Ufer der Myschiga in den Malojarosslawschen Kreis des Gouvernements Kaluga. — Auf der ganzen Strecke sieht man überall eine directe Auflagerung der rothen und grünen Thonschichten mit *Spirifer Mosquensis* auf Schichten mit *Productus giganteus* und zwar liegt dieser Thon im Rjasanschen Gouvernement auf dem Kalkstein mit *Productus striatus*. Bei Tolstyje tritt zwischen die Schichten mit *Productus striatus* und dem bunten Thon der Crinoidenkalk; an der Besputa schalten sich wieder zwischen diese Schichten der weisse dichte und gelbe thonige Kalkstein und der dunkelgraue schiefrige Thon ein. Von der Besputa weiter nach Westen liegt er überall auf dem weissen dichten Kalkstein.

Bisher konnten in den Schichten mit *Spirifer Mosquensis* folgende Fossilien erkannt werden:

Loxonema elongata Kon.
» *rugifera* Phill.
Dentalium priscum Kon.
Euomphalus tabulatus Phill.
Conocardium Uralicum Vern.
Spirifer Mosquensis Fisch.
» *lineatus* Mart.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
» *eximia* Eichw.
Productus aculeatus Mart.
» *Cora* d'Orb.
» *Martini* Sow.
» *semireticulatus* Mart.
Chonetes variolata d'Orb.
Archaeocidaris rossicus v. Buch.
Amplexus conicus Fisch.
Syringopora distans Fisch.
Fusulina cylindrica Fisch.
Fusulinella Bocki Möll.
» *sphaeroidea* Ehrenb.
» *Bradyi* Möll.
Bradyina nautiliformis Möll.
Spirillina discoidea Möll.
Cribrostomum patulum Br.
» *elegans* Möll.
Nodosinella index Ehrenb.
» *tenuis* Möll.

Schichtencomplex mit Productus giganteus.

Die oberste Schicht des Kalksteins mit *Productus giganteus* bildet wie die früheren Profile zeigen, der weisse dichte Kalkstein mit *Productus punctatus*, *Productus cora*, *Productus undatus*, *Athyris ambigua*, *Spirifer trigonalis*, etc. Von der Besputa an tritt er an allen Zuflüssen der Oka, die unterhalb Alexin in dieselbe münden, unter dem rothen Thon hervor. Der weisse cavernöse Kalkstein, welcher in den Kreisen Alexin und Tarussa an vielen Stellen über ihm liegt und der gelbe thonige weiche Kalkstein unter ihm, sind nur untergeordnete Lagen dieser Schicht. Ihre Südgrenze fällt in den Gouvernements Rjasan und Tula ziemlich genau mit der des rothen und grünen Thons zusammen, im Gouvernement Kaluga entfernt sie sich aber weiter nach Süden, indem dieser Kalkstein im Kreise Tarussa noch in der Mitte zwischen Kaluga und Alexin am linken Ufer der Oka an einzelnen Stellen auftritt, ebenso wie am ganzen oberen Laufe der Bäche Lusha, Schanja und Jswerja im Kreise Medyn.

An der Schanja beim Dorfe Bordukowo sieht man folgendes Profil:

1) Weisser dichter Kalkstein mit *Spirifer trigonalis* Mart., *Productus punctatus* Mart., *Productus Cora* d'Orb. *Allorisma sulcata* Phill., *Pinna flexicostata* M'Coy, *Archaediscus Karreri* Brady.	2,2 Meter.
2) Gelber weicher Kalkstein	0,70 »
3) Harter dunkelgrauer Kalkstein mit dünnen Lagen schwarzen Feuersteins mit *Archaediscus Karreri* Brady., *Fusulinella Struvii* Möll.	1,4 »
4) Grauer Thon	1,80 »
5) Hellgrauer Kalkstein mit vereinzelten Exemplaren von *Tetrataxis conica* Ehrenb.	1,0 »
6) Grauer schiefriger Thon mit Zwischenlagen von weichem thonigen sandigen Kalkstein	3,5 »

Südlicher, flussabwärts an der Schanja, in einer Schlucht in der Nähe des Dorfes Borodina, trifft man den Kalkstein (1) in grossen Blöcken im Geröll am Boden an, doch war hier nur die Schicht (4) als oberstes Glied aufgeschlossen.

Danach scheint er hier zwar noch vorhanden zu sein, doch nur an den höchsten Punkten. — Am Bache Jswerja sind die südlichsten Aufschlüsse desselben bei den Dörfern Mamonowa, Bucharino und Wjeschki.

Auf der ganzen Strecke von der Besputa bis zum Medynschen Kreise liegt der weisse dichte Kalkstein und der ihn stets begleitende gelbe thonige Kalkstein unmittelbar auf dem grauen schiefrigen Thon. Erst im Kreise Medyn treten zwischen dem gelben thonigen Kalkstein und dem grauen schiefrigen Thon grau- und braungefärbte Kalksteine auf. Dies zeigt das oben angeführte Profil von Bordukowo, wo eine Lage dunkelgrauen Kalksteins zwischen ihnen auftritt. Dasselbe sieht man am oberen Laufe der Lusha beim Dorfe Kremenskoje (Kreis Medyn) in einer kleinen Schlucht; dort ist:

1) Weisser dichter Kalkstein in Lagen von 0,7 bis 1,2 Meter mit *Athyris ambigua* Sow., *Spirifer trigonalis* Mart., *Rhynchonella pugnus* Mart., *Productus costatus* Sow., *Productus pustulosus* Phill., *Productus Leuchtenbergensis* de Kon., *Productus Cora* d'Orb., *Allorisma regularis* King, *Allorisma sulcata* Phill., Ohne Foraminiferen ..... 3,5 Meter.
2) Roth- und schwarzgefärbter Feuerstein ..... 0,70 »
3) Brauner etwas thoniger Kalkstein mit vereinzelten *Archaediscus Karreri* Brady, *Fusulinella Struvii* Möll. ..... 1,6 »
4) Grauer Thon ..... 1,40 »
5) Grauer sehr harter Kalkstein mit vereinzelten *Archaediscus Karreri* Brady, *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra* sp. ..... 0,7 »
6) Grauer schiefriger Thon mit Zwischenlagen braunen thonigen und sandigen Kalksteins, ohne Foraminiferen.

Die Schichten (2) und (3) sind hier wohl nur etwas veränderte untergeordnete Lagen des sonst weissen dichten Kalksteins und die Schicht (5) ist eine an diesem Orte etwas härtere Zwischenlage des grauen schiefrigen Thons von dem nur die oberste Lage, der graue Thon (4), hier keine schiefrige Structur zeigt. — In Mamonowa am Bache Jswerja (Kreis Medyn) enthält der braune thonige Kalkstein (3) in grosser Menge *Saccamina Carteri* Brady. Diese Foraminiferengattung war bisher in Moskauer Becken nicht bekannt und ist hier zum ersten Male von Herrn J. Ignatjew gefunden worden. Zwischen Kaluga und Tarussa durchschneidet die Oka alle unter dem grauen schiefrigen Thon liegenden Kalksteinschichten und kann man sie an einzelnen Punkten vollständig blossgelegt finden. — Eines der schönsten Profile dieser Art bietet eine kleine sehr steile Schlucht am linken Ufer der Oka unweit vom Dorfe Michailowka (Kreis Kaluga). Hier sieht man beim Verfolgen der Schlucht von oben nach unten:

1) Weichen gelben Kalkstein ohne Foraminiferen ..... 0,7 Meter.
2) Grauen schiefrigen Thon mit dünnen Zwischenlagen bräunlichgrauen sandigen weichen Kalksteins, sehr reich an Fossilien: *Productus lobatus* Sow., *Productus costatus* Sow., *Productus Youngianus* Davids., *Productus punctatus* Mart., *Spirifer trigonalis* Mart., *Athyris planosulcata* Phill., *Athyris ambigua* Sow., *Cyatoxonia cornu* E. H. Ohne Foraminiferen ..... 9,0 »
3) Crinoidenkalk ohne Foraminiferen mit *Productus lobatus* Sow., *Productus costatus* Sow., *Spirifer trigonalis* Mart., *Athyris ambigua* Sow., *Athyris planosulcata* Phill., *Streptorhynchus radialis* Phill., *Pecten coelatus* Phill. .... 0,4 »
4) Hellgrauen dünngeschichteten Kalkstein mit vereinzelten *Archaediscus Karreri* Brady. ..... 1,4 »
5) Harten hellgrauen fast nur aus Brachiopodenschalen bestehenden Kalkstein ohne Foraminiferen mit *Athyris ambigua* Sow., *Athyris Puschiana* Vern., *Spirifer glaber* Mart., *Spirifer lineatus* Mart., *Spirifer clatratus* M'Coy,

Spirifer trigonalis Mart., *Productus costatus* Sow., *Productus Cora* d'Orb., *Productus undatus* Defr., *Productus Youngianus* Davids., *Productus scabriculus* Mart., *Productus Martini*, Sow., *Rhynchonella pleurodon* Phill., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Orthis resupinata* Mart., *Discina nitida*, Phill., *Allorisma regularis* King., *Pinna flexicostata* M'Coy., *Goniatites implicatus* Phill. ..... 3,0 Meter.

6) Grauen in den meisten Lagen ziemlich festen Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Strephodes Stutshburi* E. H., *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra Bowmani* Phill., *Endothyra parva* Möll., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Tetrataxis conica* Ehrenbg., *Archaediscus Karreri* Brady, *Bradyina rotula* Eichw., *Cribrostomum commune* Möll., *Cribrostomum patulum* Brady... 8,5 »

7) Kalkstein mit Stigmarienresten ohne Foraminiferen ..... 2,1 »

8) Grauen festen Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady..... 3,0 »

9) Roth- und gelbgefleckten Kalkstein, ziemlich hart, sehr reich an Foraminiferen: *Endothyra parva* Möll., *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Fusulinella Struvii* Möll., *Spirillina subangulata* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw. *Nodosinella index* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady..... 4,0 »

10) Grauen Kalkstein mit denselben Foraminiferen wie (9)..... 1,0 »

11) Kalkstein mit Stigmarienresten und *Fusulinella Struvii* Möll., *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady..... 1,5 »

12) Dunkelgrauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart. und ziemlich vielen Gasteropoden ..... 1,0 »

13) Gelben und weissen Sand.

14) Blaugrauen Thon.

Unter dem Kalkstein (6) mit *Productus striatus* treten hier zwei Kalksteinschichten (7) und (11) mit Stigmarienresten auf, die durch eine 8 Meter mächtige Kalksteinablagerung (8), (9) und (10), in der keine Pflanzenreste vorkommen, getrennt sind. Da diese Schichten mit Stigmarien, welche weiterhin genauer besprochen werden, eine sehr constante Verbreitung haben, so wird weiterhin der Deutlichkeit wegen die Schicht (7) als obere Stigmarienschicht und die Schicht (11) untere Stigmarienschicht bezeichnet werden.

Bis zur Stadt Alexin sieht man an der Oka die Schichten (4) bis (14) in jeder kleinen Schlucht. Die Schicht (1), der weiche gelbe Kalkstein, kommt nur an der Schlucht beim Dorfe Michailowka, so weit nach Süden vor. Am rechten Ufer der Oka und deren rechten Zuflüssen bis zur Mündung der Waschana 9 Werst unterhalb Alexin fehlen überall die Schichten (1), (2) und (3). Gegenüber Michailowka beim Dorfe Sharki sind die Schichten (5) bis (10) sehr gut aufgeschlossen. In der Schicht (7) mit Stigmarien, tritt hier ein dünnes Kohlenflötz auf. In

der Nähe von Alexin bei den Dörfern Petrowskoje am linken Ufer und Kiewzy am rechten Ufer der Oka liegt unter der Schicht (14) ein Kohlenflötz von 14 Werschok. Sehr gut sieht man die Schichten (5) bis (11) am Bache Dugna, rechten Zufluss der Oka. Im oberen Laufe dieses Baches beim Dorfe Sudna treten die Schichten (5), (6) und (7) auf; doch ist die Schicht (6) hier schon sehr viel schwächer, als bei Michailowka. In der Nähe der Mündung des Baches in einem Steinbruch beim Hüttenwerke Dugna tritt zu Tage:

1) Harter stark zerklüfteter an Brachiopoden sehr reicher Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Althyris ambigua* Sow., *Productus Youngianus* Davids.
2) Harter hellgrauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Spirifer lineatus* Mart., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Lithostrotion irregulare* E. H., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Endothyra globulus* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady. 13,5 Meter.
3) Hellgelber Thon ..... 0,5 »
4) Ein dünner Kohlenstreifen ..... 0,02 »
5) Heller gelblichgrauer Kalkstein mit Stigmarienresten ohne Foraminiferen (obere Stigmarienschicht) ..... 2,8 »
6) Gelber Mergel ..... 0,36 »
7) Roth- und gelbgefleckter Kalkstein mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra Bowmani* Phill., *Endothyra parva* Möll., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady.

Die unteren Theile dieser Schicht durch Schutt verdeckt dann:

8) Kalkstein hellgrauer mit Stigmarienresten (untere Stigmarienschicht) mit *Natica Omaliana* Kon., *Littorina biserialis* Phill., *Bellerophon decussatus* Flem., *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva* Möll., *Bradyina rotula* Eichw., *Cribrostomum eximium* Eichw.
9) Weicher gelblichgrauer Kalkstein, mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva* Möll., *Cribrostomum commune* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady.

Ebenso wie hier am Bache Dugna so sieht man auch in allen übrigen Bächen, die auf der Strecke zwischen Kaluga und Alexin von rechts in die Oka münden, die Schicht *1*, den an Brachiopoden so reichen Kalkstein als oberste Schicht auftreten. Diese Schicht ist durch ihren Fossilienreichthum äusserst charakteristisch und zeichnet sich besonders durch die grosse Anzahl meist ausgezeichnet erhaltener Exemplare von *Spirifer trigonalis* aus. Daher wird in der Folge dieselbe der Kürze wegen Trigonaliskalk genannt. In den unter dieser Schicht liegenden Kalksteinen mit *Productus striatus* ist bisher nur ein einziges unvollständiges Exemplar gefunden worden, welches möglicherweise zu dieser Form gehören könnte. In den höheren Schichten, dem Crinoidenkalk, dem grauen schiefrigen Thon etc. ist *Spirifer trigonalis* zwar ebenfalls sehr häufig, doch unterscheiden sich diese Schichten durch ihren sonstigen petrographischen Charakter.

Der Kalkstein mit *Productus striatus* keilt sich weiter nach Süden im Lichwin'schen Kreise allmählich aus und liegt hier der Trigonaliskalk stellenweise direct auf den Kalksteinen mit Stigmarien. So sieht man beim Dorfe Knjas Michailowo:

1) Grauen Kalkstein mit *Athyris ambigua* Sow., *Productus costatus* Sow., *Spirifer lineatus* Mart., *Rhynchonella reniformis* Sow. Ohne Foraminiferen.
2) Grauen Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva* Möll., *Bradyina rotula* Eichw., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady.
3) Grauen Kalkstein mit Stigmarien. Ohne Foraminiferen.

Von Alexin die Oka flussabwärts verschwinden allmählich unterm Spiegel des Flusses die untersten Schichten. Bei Tarussa sieht man nur noch den roth und gelbgefleckten Kalkstein der im Profil von Michailowka (Seite 18) unter 9 bezeichnet ist und zwischen den beiden Stigmarienschichten liegt, dicht am Wasser des Flusses anstehend, während auf derselben Höhe 11 Werst oberhalb Sserpuchow der Trigonaliskalk hervortritt.

Im unteren Laufe der Waschana beim Dorfe Ssumarokowa (Kreis Alexin, Gouvernement Tula) ist zu sehen:

1) Kalkstein mit *Productus striatus* Fisch., *Athyris expansa* Phill., *Fusulinella Struvii*, Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady.
2) Weicher hellgrauer Thon.
3) Ein Kohlenstreifen von ..... 0,04 Meter.
4) Hellgrauer Kalkstein mit sehr gut erhaltenen Stigmarienresten. Ohne Foraminiferen (obere Stigmarienschicht).
5) Roth- und gelbgefleckter Kalkstein im Boden des Baches mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra Bowmani* Phill., *Bradyina rotula* Eichw., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Tetrataxis conica* Ehrenb.

Am linken Ufer der Oka im Kreise Tarussa in einer kleinen Schlucht beim Dorfe Jljenki:

1) Rother und grüner Thon mit Lagen weissen thonigen Kalksteins mit *Spirifer Mosquensis*, Fisch.
2) Weisser fester Kalkstein.
3) Gelber weicher Kalkstein.
4) Dunkelgrauer schiefriger Thon.
5) Hellgelblichgrauer Kalkstein (Trigonaliskalk) mit *Productus lobatus* Sow., *Spirifer trigonalis* Mart., *Athyris ambigua* Sow., *Orthis resupinata* Mart.

6) Grauer fester Kalkstein mit *Productus striatus* Fisch., *Cycloceras ornatum* Eichw.
7) Hellgrauer Kalkstein mit Stigmarien. Ohne Foraminiferen (obere Stigmarienschicht).

Zehn Werst östlich von Kaluga beim Dorfe Suchininki, ist in einem kleinen Bache fast ganz auf der Höhe, noch der graue schiefrige Thon anstehend. Bei der Stadt Kaluga trifft man aber in derselben Höhe nur noch die Schicht mit *Productus striatus*, unter der in einer kleinen Schlucht in der Stadt selbst alle tiefer liegenden Schichten aufgeschlossen sind. In jeder der Stigmarienschichten tritt hier ein Kohlenflötz auf, von denen das untere gegen 0,7 Meter mächtig ist. Am ganzen Laufe des Baches Jatschenka, der bei Kaluga von links in die Oka mündet, sieht man ebenfalls nur die Schichten mit *Productus striatus* und Stigmarien und enthalten auch hier die Stigmarienschichten stets ein dünnes Kohlenflötz. Weiter nach Westen von Kaluga, an der Ugra (linker Zufluss der Oka) sind bis zur Stadt Yuchnow im Gouvernement Smolensk nur der roth- und gelbgefleckte Kalkstein und die unter ihm liegenden Schichten, die untere Stigmarienschicht, der unterste graue Kalkstein und der denselben unterlagernde graublaue Thon oder weisser Sand aufgeschlossen. Nur an einer Stelle beim Dorfe Dawydowa, am rechten Ufer der Ugra, im Kreise Kaluga tritt in einer Falte, welche die Schichten hier bilden, der Trigonaliskalk hoch am Abhange auf. Er enthält hier *Spirifer trigonalis* Mart., *Spirifer Urii* Flem., *Spirifer lineatus*, Mart., *Spirifer glaber* Mart., *Athyris ambigua* Sow., *Orthis resupinata* Mart. Keine Foraminiferen. Unter ihm liegt hellgrauer thoniger etwas poröser Kalkstein mit vereinzelten *Fusulinella Struvii* Möll., *Cribrostomum Bradyi* Möll. Etwa 8,5 Meter tiefer sieht man in Gruben grauen Thon und den buntgefleckten Kalkstein (9 im Profil von Michailowka, Seite 18) mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus*, Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady, *Cribrostomum commune* Möll. Auch hier haben alle Schichten flussaufwärts ein beständiges Ansteigen nach Westen.

Gegenüber dem Dorfe Towarkowa am rechten Ufer der Ugra ist folgendes Profil:

1) Hellgrauer Kalkstein mit *Endothyra parva* Möll., *Endothyra Bowmani* Phill., *Bradyina rotula* Eichw., *Fusulinella Struvii* Möll., *Tetrataxis gibba* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady.
2) Roth- und gelbgefleckter Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady.
3) Grauer Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Fusulinella Struvii* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady.
4) Schwarzer und blaugrauer Thon.
5) Grauer weicher sehr thoniger Kalkstein mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Nodosinella index* Ehrenb.

Die Schicht (4) ist die untere Stigmarienschicht, welche ebenso wie die obere sehr häufig in horizontaler Richtung in schwarzen und blaugrauen Thon, oder grauen Sand, übergeht und dann meist ein dünnes Kohlenflötz enthält. Sehr häufig ist auch nur ein Theil die-

ser Schichten in grauen Thon und Kohle übergegangen, während der anderen noch aus Kalkstein besteht und Stigmarienreste enthält. Ein derartiges Beispiel in der oberen Stigmarienschicht zeigt das früher angeführte Profil beim Dorfe Ssumarokowa an der Waschana.

Von Yuchnow flussaufwärts tritt zuerst über den Schichten von Towarkowa die obere Stigmarienschicht auf und dann weiter beim Dorfe Snamenskoje im Kreise Yuchnow, der Kalkstein mit *Productus striatus*, welcher hier auffallend reich an Fossilien ist. Ich fand in ihm: *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Productus elegans* M'Coy, *Productus fimbriatus* Sow., *Spirifer lineatus* Mart., *Spirifer glaber* Mart., *Spirifer integricosta* Phill., *Camarophoria globulina* Phill., *Rhynchonella pugnus* Mart., *Terebratula sacculus* Sow., *Conocardium aliforme* Sow., *Pecten segregatus* M'Coy, *Pecten sibericus* Vern., *Pecten subfimbriatus* Vern., *Pinna flexicostata* M'Coy, *Thoracoceras* sp. *Nautilus bilobatus* Sow., *Nautilus excentricus* Eichw., *Nautilus tulensis* Brbt., *Nautilus planotergatus* M'Coy, *Syringopora gracilis* Keys., *Syringopora reticulata* Goldf., *Syringopora parallela* Fisch., *Syringopora ramulosa*, Gldf., *Lithostrotion concameratum*, Keys, *Lithostrotion irregulare*, E. H., *Strephodes Stutshburi* E. H., *Aulophyllum fungites* E. H., *Amplexus coralloides* Sow., *Zaphrentis cylindrica* Scouler, *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva*, Möll., *Endothyra Bowmani* Phill., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady.

Alle zwischen Towarkowa und Snamenskoje erwähnten Schichten treten südlich von Yuchnow, am Bache Ressa, beim Dorfe Bogojawlenje auf:

1) Gelblichgrauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Productus elegans* M'Coy, *Spirifer lineatus* Mart., *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Bradyina rotula* Eichw., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Nodosinella index* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady.
2) Kalkstein mit Stigmarien (obere Stigmarienschicht) mit vereinzelten schlecht erhaltenen Foraminiferen.
3) Dunkelgrauer Kalkstein mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady.
4) Roth- und gelbgefleckter Kalkstein mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Cribrostomum commune* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Archaediscus Karreri* Brady.
5) Grauer Kalkstein.
6) Blaugrauer Thon (untere Stigmarienschicht)
7) Weicher grauer Kalkstein mit *Chonetes papilionacea* Phill. wenig Foraminiferen *Fusulinella Struvii* Möll. und *Endothyra sp.*

Weiter nach Süden am Bache Sserena, einem rechten Zufluss der Shisdra sind von der Stadt Meschtschowsk flussabwärts anfangs die Schichten (3) bis (7) entwickelt. Weiter abwärts keilen sich die oberen Schichten der Reihe nach aus und tiefer unter dem Kohlenkalk liegenden

Sand- und Thonschichten der kohlenführenden Etage treten mehr und mehr zu Tage, bis in der Nähe ihrer Mündung in die Shisdra schon die, die letzteren unterlagernden Kalksteine mit *Productus fallax*, *Productus Panderi Chonetes nana* etc., welche bisher als Malewka Murajewna-Etage bezeichnet wurden, sichtbar werden. Wie weiter unten nachgewiesen, gehören die obersten Schichten noch zur kohlenführenden Etage dessen untersten Horizont sie hier bilden. Die unteren Kalksteinschichten dagegen müssen als ein Uebergangsglied vom Devon zum Carbon angesehen werden.

10 Werst östlich von Meschtschowsk, in einer Schlucht am linken Ufer der Sserena, zwischen den Dörfern Priwalowa und Golowina sieht man:

1) Brauner diluvialer Thon.
2) Grauer, weisser und gelber diluvialer Sand.
3) Grauer Kalkstein mit *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva* Möll., *Fusulinella Struvii* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady.
5) Grauer Kalkstein mit denselben Foraminiferen wie in 4 und *Cribrostomum Bradyi* Möll.

18 Werst weiter flussabwärts beim Dorfe Shilkowa am rechten Ufer der Sserena:

1) Dunkelgrauer Kalkstein mit *Chonetes papilionacea* Phill., *Pecten segregatus* M'Coy, *Cyrtina sp. Nautilus bilobatus* Sow., *Lithostrotion junceum* Flem., *Lithostrotion intermedium* Eichw.
2) Grauer sandiger Thon. ..... 0,1 Meter.
3) Kohle. ..... 0,05 »
4) Grauer Sand. ..... 0,3 »
5) Dunkelgraubrauner etwas kalkhaltiger Thon. ..... 0,4 »
6) Grauer Thon. ..... 1,6 »
7) Kohle. ..... 0,4 »
8) Dunkelgrauer Thon.

Der Kalkstein (1) ist die unterste Kalksteinschicht des Schichtencomplexes mit *Productus giganteus* und gehören die unter ihm liegenden Sand- und Thonschichten mit den beiden Kohlenklötzen zur kohlenführenden Etage. Sechs Werst unterhalb Shilkowa beim Dorfe Griwa tritt schon unter den Schichten der kohlenführenden Etage gelber Kalkstein auf, der *Productus fallax* Pand., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Spirifer centronatus* Winch. enthält. Dieselben Schichten wie an der Sserena treten in ganz gleicher Weise auch an allen übrigen linken Zuflüssen der Shisdra zu Tage.

An der Shisdra selbst sieht man von der Grenze des Shisdrinschen Kreises an, flussabwärts bis in die Nähe ihrer Mündung in die Oka, nur Sand- und Thonschichten der kohlenführenden Etage, den obenerwähnten Kalkstein des untersten Horikontes der kohlenführenden Etage und die Uebergangsschichten vom Devon zum Carbon. Diese Schichten sind

auch am rechten Ufer und den rechten Zuflüssen allenthalben zu sehen, und fehlt hier der Kalkstein mit *Productus giganteus*, dessen Südgrenze daher am linken Ufer der Schisdra bleibt und sich meist in einer Entfernung von 10 bis 15 Werst nördlich vom Flusse hinzieht. Nur auf einer kurzen Strecke überschreitet sie den Fluss und tritt der Kohlenkalk am rechten Ufer zwischen den Dörfern Kremnischina und Ussty auf. An letzterem Orte ist der Kalkstein sehr weich, thonig und reich an Stigmarienresten. Bei Kremnischina ist er hellgrau ziemlich fest und enthält *Productus giganteus* Mart., *Spirifer ovalis* Phill., *Spirifer duplicicosta* Phill. Keine Foraminiferen.

Die untere Stigmarienschicht enthält in diesem Theile des Gouvernements Kaluga ebenfalls häufig dünne Kohlenflötze. So sieht man beim Dorfe Slobodka am Bache Drugusnja im Kreise Koselsk:

1) Humusboden	3	Werschok.
2) Brauner sandiger diluvialer Thon	2	Arschin
3) Gelb und weiss gestreifter Sand	1	»
4) Grauer Kalkstein	1	»
5) Grauer Thon	4	»
6) Kohle	½	»
7) Grauer Thon und Sand	1	»
8) Kalkstein mit Stigmarien gegen	2	»

Der graue Kalkstein (4) ist die unterm roth- und gelbgefleckten Kalkstein in den früher angeführten Profilen liegende Kalksteinlage.

Der bunte Kalkstein keilt sich nach Süden hin überall aus, sowohl im Kaluga'schen, wie im Tula'schen Gouvernement, so dass die, die beiden Stigmarienschichten trennende Kalksteinlage, immer schwächer wird. Ein vollständiges Auskeilen dieser Zwischenschicht und damit ein Zusammenfallen der beiden Stigmarienschichten ist bisher noch nirgends beobachtet worden.

Vergleicht man die hier angeführten Profile mit denen von Jeremeeff[1]) und Barbot de Marny[2]) vom Ragoshinsky-Bach bei Tula gegebenen, so sieht man, dass sie vollkommen mit diesen übereinstimmen und dass die bei Tula auftretenden Kalksteinschichten die untersten Glieder unseres Kohlenkalks bilden, und zwar die Schichten, welche unter dem Kalkstein mit *Productus striatus* liegen.

In der Nähe der Vorstadt Tschulkowo, am Nordende von Tula ist gegenwärtig ein Steinbruch im Betrieb, der fast auf ebenem Felde angelegt ist und demnach die obersten bei Tula auftretenden Schichten bloslegt. Hier liegt über dem Kalkstein mit Stigmarien ein fester grauer Kalkstein, der von gelblichgrauem Thon und einem dünnen Kohlenflötz überlagert wird. — Geht man von Tula den Bach Tuliza flussabwärts so sieht man beim Dorfe Tuliza in einem Steinbruch:

1) Горн. Журналъ 1853 III, Seite 384. | 2) Verhandl. d. Mineral. Gesellsch. 1853,

1) Weicher weisser Kalkstein mit *Productus striatus* Fisch., *Lonsdalia Bronni* E. H., *Strephodes Stutshburi* E. H.
2) Fester gelblichgrauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch. *Allorisma regularis* King, *Syringopora reticulata* Goldf., *Siderospongia sirensis* Trtsch.
3. Bläulichgrauer dichter Kalkstein mit Stigmarienresten.

Die Schicht (3) entspricht, wenn man das Einfallen aller Schichten hier nach Norden berücksichtigt, dem oberen Stigmarienkalk und der Schicht, welche bei der Vorstadt Tschulkowo über dem grauen Kalkstein liegt und aus grauem Thon und einem Kohlenflötz besteht. —

Nach Süden von Tula in dem Raume, der im Westen vom oberen Laufe der Upa, im Norden vom Schat (einem rechten Zufluss der Upa) und im Osten vom Don eingeschlossen wird und auf dem gegenwärtig die meisten Kohlengruben liegen (Malewka, Levina, Towarkorvo, Bobriki, Dedilowo, Mochowskaja, Stublenka, Kamenka), tritt nur an wenigen Stellen wie bei den Gruben von Mochowoje und Bobriki der Kalkstein mit *Productus striatus* und zwar nur die untersten Lagen desselben auf, während der grösste übrige Theil dieser Fläche nur die bei Tula erwähnten unter dem Kalkstein mit *Productus striatus* liegenden Schichten enthält. Aus den eingehenden Untersuchungsarbeiten, welche an den genannten Orten ausgeführt worden sind ergiebt sich, dass der Kalkstein mit *Productus striatus* ursprünglich wahrscheinlich einen grossen Theil dieses Raumes bedeckte, aber zur Zeit der Ablagerung des gelben unmittelbar unterm braunen sandigen diluvialen Thon liegenden und wahrscheinlich zum Jura gehörenden Sandes ausgewaschen worden ist. In Bobriki (Kreis Epifan), war im Bohrloch IV folgendes Profil:

1) Tschernosem	0,27	Meter.
2) Brauner sandiger diluvialer Thon	4,09	»
3) Gelber Sand	1,64	»
4) Gelblichgrauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Chonetes comoides* Phill., *Cyrtina septosa* Phill., *Productus elegans* M'Coy, *Solemya primaeva* Phill., *Allorisma regularis* King, *Conocardium alaeforme* Sow., *Natica Omaliana* de Kon, *Lithostrotion junceum* Flem., *Syringopora reticulata* Goldf., *Lonsdalia Bronni* E. H. Sehr reich an Foraminiferen	15,60	»
5) Grauer Thon	2,84	»
6) Gelber thoniger Sand	5,87	»
7) Schwarzer Sand und Thon	0,71	»
8) Hellgrauer Kalkstein mit Stigmarienresten	1,69	»
9) Schwarzer Sand und grauer Thon	3,28	»
10) Grauer Kalkstein	1,73	»
11) Kohle	0,49	»

12) Grauer Thon	3,28	Meter.
13) Dunkelgrauer Kalkstein mit Stigmarienresten	3,37	»
14) Schwarzer schiefriger Thon mit *Orthis resupinata*	7,70	»
15) Grauer Kalkstein	0,98	»
16) Grauer Thon mit Kohlenspuren	0,53	»
17) Gelber und hellgrauer thoniger Sand	7,03	»
18) Kohle	3,37	»
19) Grauer Thon	1,15	»
20) Kohle	1,55	»
21) Bräunlichgrauer Sand und Thon.	1,91	»
22) Kohle (?)	1,74	»
23) Grauer Thon	0,53	»

24) Gelblichweisser Kalkstein.

Der Kalkstein (4) mit *Productus striatus* erreicht hier eine Mächtigkeit von 15,64 Meter Zwanzig Faden südlich von diesem Bohrloch fehlte derselbe und war an seiner Stelle nur gelber Sand angetroffen worden, der von dem nämlichen grauen Thon (5) wie der Kalkstein unterlagert wird. An einer anderen Stelle bei Bobriki wurde dasselbe Factum durch zwei Bohrlöcher constatirt, die nur 5 Faden von einander entfernt waren. Auf der Grube von Mochowoje wurde dieser Kalkstein im Schacht I angetroffen, während er sonst in allen in der Umgebung dieses Schachtes gemachten Bohrlöchern und Schächten fehlt, wobei ebenso wie in Bobriki seine Stelle gelber Sand einnimmt. Aus dem weiter unten bei Beschreibung des unteren Horizontes der Kohlenführenden Etage gegebenen Profil wird das Gesagte veranschaulicht. Der Raum, den dieser Kalkstein in Mochowoje einnimmt, ist ein sehr geringer, etwa 50 Faden im Durchmesser und bildet der Kalkstein mit *Productus striatus* so eine ganz vereinzelt dastehende Klippe, deren Ränder nach allen Seiten ziemlich steil abfallen. Im südlichen und westlichen Theile der genannten Fläche bestehen die Stigmarienschichten aus blauem Thon und grauem Sande, zwischen denen oft dünne Kohlenflötze liegen. Im östlichen und nördlichen Theile dagegen bestehen die Stigmarienschichten häufig aus Kalkstein, doch wird auch hier gewöhnlich ein mehr oder weniger grosser Theil dieser Schichten aus Thon und Kohlenflötzen gebildet. In dem oben angeführten Profil von Bobriki Bohrloch IV bilden die Schichten (5) bis (9) die obere Stigmarienschicht, von der ein Theil aus Kalkstein (8) besteht. Der Kalkstein (10) ist der die beiden Stigmarienschichten trennende Kalkstein und die Schichten (11) bis (14) die untere Stigmarienschicht, die ebenfalls theilweise aus Kalkstein (13) besteht. In der unteren Stigmarienschicht, unmittelbar über dem dieselbe unterlagernden untersten grauen Kalkstein, tritt hier überall ein schwarzer oder dunkelgrauer schiefriger Thon auf, der sehr reich an Fossilien ist. Hierher gehört der schwarze Thon (14) im Profil von Bobriki. Dem Aeusseren nach gleicht dieser Thon sehr dem vielfach erwähnten schwarzen schiefrigen Thon, der über dem Trigonalis-

kalk liegt und wurde, da auch in beiden Thonschichten mehrere gleiche Fossilien vorkommen, anfangs, bevor ihre genaue Lage bekannt war, mit jener verwechselt. Zum ersten Male wurden Fossilien aus dieser Thonschicht von Semenoff und Möller[1]) aus Malewka beschrieben; sie rechneten diese Schicht zu den kohlenführenden Thonschichten, da es ihnen unbekannt war, dass in Malewka die unterste Kohlenkalkschicht noch auftritt, aber freilich nur an wenigen Orten und auch dort nur in sehr zerstörtem Zustande. Im Schachte Sophie in Malewka, aus welchem diese Fossilien stammen, ist folgendes Profil:

1)	Tschernosem	1,42 Meter
2)	Brauner sandiger Thon	3,55 »
3)	Gelber feiner im unteren Theile grober Sand	4,98 »
4)	Schwarzer schiefriger Thon mit *Spiriferina octoplicata* Sow., *Orthis resupinata* Mart., *Chonestes Laguessiana* de Kon., *Productus cf. carbonarius* de Kon.	2,13 »
5)	Sand und Thon mit Blöcken grauen Kalksteins	0,71 »
6)	Hellgrauer Sand	2,84 »
7)	Grauer Thon	2,49 »
8)	Kohle	2,84 »
9)	Grauer Thon	0,40 »
10)	Kohle	1,74 »
11)	Grauer Thon	0,36 »
12)	Grauer Sand	2,49 »
13)	Gelblichweisser weicher thoniger Kalkstein.	

10 Werst nördlich von Malewka auf der Kohlengrube von Levina tritt der unterste Kalkstein schon als compacte Schicht auf. Hier fand man beim Abteufen des Schachtes Elisabeth folgendes Profil:

1)	Tschernosem	0,71 Meter
2)	Brauner sandiger Thon	4,27 »
3)	Weisser Thon	1,42 »
4)	Schwarzer schiefriger Thon mit *Athyris Puschiana* Vern., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Spirifer lineatus* Mart., *Chonetes Laguessiana* de Kon., *Productus granulosus* Phill., *Orthis resupinata* Mart., *Orthis Michelini* de Kon., *Rhynchonella pleurodon* Phill., *Terebratula sulcisinuata* Sem., *Discina nitida* Phill., *Orthoceras undatum* Flem.	2,84 »
5)	Grauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Chonetes cribrosa* Eichw.	1,07 »
6)	Schwarzer Thon	0,71 »
7)	Kohle	0,53 »

1) Bergjournal 1864, Heft 2, pag 224 etc.

8) Schwarzer Thon und grauer Sand ..... 9,29 Meter
9) Kohle ..... 2,98 »
10) Grauer Sand ..... 2,13 »
11) Gelblichweisser Kalkstein mit *Syringopora reticulata* Goldf.

30 Werst weiter nach Norden bei Bobriki wurden im Schachte I folgende Schichten durchsenkt:

1) Tschernosem ..... 0,53 Meter.
2) Brauner sandiger Thon ..... 1,60 »
3) Grauer Thon mit unregelmässigen Sandstreifen und thonigem Brauneisenstein 4,98 »
4) Fester reiner Brauneisenstein ..... 0,18 »
5) Thoniger stark verwitterter grauer Kalkstein ..... 1,42 »
6) Thon, in den oberen Theilen durch Eisenoxyd braungefärbt, unten hellgrau und rein, mit *Stigmaria ficoides* Sternb. ..... 1,95 »
7) Grauer harter Kalkstein ..... 2,58 »
8) Hellgrünlichgrauer sehr reiner Thon mit Stigmarienresten ..... 2,13 »
9) Grauer fester Kalkstein mit Stigmarien ..... 1,42 »
10) Schwarzer schiefriger Thon, in den unteren Theilen voller Bruchstücke von Muscheln und Bryozoen, darunter *Productus giganteus* Mart., *Productus punctatus* Mart., *Productus granulosus* Phill., *Orthis resupinata* Mart., *Orthis Michelini* de Kon., *Rynchonella pleurodon* Phill., *Spirifer lineatus* Mart., *Streptorhynchus crenistria* Phill. ..... 2,13 »
11) Dunkelgrauer Kalkstein, sehr fester, mit *Lithostrotion intermedium* Eichw. 1,60 »
12) Gelber Sand mit einer dünnen Lage grauen Thones und Kohle ..... 2,49 »
13) Grauer Thon ..... 0,40 »
14) Kohle, sehr thonige ..... 0,18 »
15) Grauer thoniger Sand mit dünnen Streifen reinen Sandes und zwei dünnen Kohlenflötzen. Voller Stigmarienresten ..... 3,24 »
16) Grauer Thon ..... 4,09 »
17) Kohle ..... 2,93 »
18) Grauer Thon ..... 0,40 »
19) Kohle ..... 0,80 »
20) Schwarzer und grauer Thon und grauer Sand ..... 8,36 »
21) Gelblichweisser Kalkstein ..... 7,15 »
22) Kohle ..... 0,02 »
23) Kalkstein grauer.

Die Schicht (6) bildet hier die obere Stigmarienschicht; (7) ist der die beiden Stigmarienschichten trennende Kalkstein; (8, 9) und (10) gehören zur unteren Stigmarienschicht, welche hier theilweise aus Thon (8) und (10) und aus Kalkstein (9) besteht. Der dunkel-

graue Kalkstein (11) ist der die untere Stigmarienschicht allenthalben unterlagernde Kalkstein. Der im Bohrloch IV dieser Grube angetroffene Kalkstein mit *Productus striatus* (siehe Seite 25) wird hier durch die Schicht (5) gebildet und ist blos 1,4 Meter stark, während sie dort über 15 Meter erreicht.

Weiter nach Osten von der erwähnten Fläche, zum Flusse Pronja hin, treten noch an einzelnen Punkten Kalksteine mit Stigmarien auf; so beim Dorfe Ploskaja am linken Ufer der Pronja (Kreis Wenew, Gouv. Tula), doch bestehen hier die Stigmarienschichten vorherrschend, und im Rjasan'schen Gouvernement, soweit bisher bekannt, ausschliesslich aus blauem Thon und grauem Sande mit bisweilen eingelagerten Kohlenflötzen.

Beim Dorfe Gremjatschee am linken Ufer der Pronja im Kreise Wenew ist folgendes Profil:

1) Weicher weisser Kalkstein mit *Productus striatus* Mart., *Productus giganteus* Mart.
2) Gelblich grauer harter Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Siderospongia sirensis* Trautsch., *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra parva* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Spirillina subangulata* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady.
3) Blaugrauer Thon.
4) Grauer harter Kalkstein mit *Endothyra parva* Möll., *Fusulinella Struvii* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady.
5) Blaugrauer Thon.
6) Gelblichgrauer Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Chonetes cribrosa* Eichw., *Conocardium alaeforme* Sow., *Aviculopecten ellipticus* Phill., *Cycloceras ornatum* Eichw., *Endothyra parva* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Fusulinella Struvii* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady, *Cribrostomum Bradyi* Möll.
7) Grauer Thon und Sand.
8) Hell- und dunkelgefärbter gelber Sandstein mit discordanter Parallelstructur.
9) Ockergelber Sandstein.

Der graue Kalkstein, welcher die untere Stigmarienschicht unterlagert, bildet die unterste Lage des Schichtencomplexes mit *Productus giganteus* und liegt direct auf den kohlenführenden Thon- und Sandschichten, die im Moskauer Becken die eigentliche productive Formation bilden.

Aus den angeführten Profilen ist zu sehen, dass zwischen dem Schichtencomplexe mit *Spirifer Mosquensis* und den kohlenführenden Schichten folgende, durch das Vorkommen von *Productus giganteus* gemeinsam charakterisirte Schichten deutlich zu unterscheiden sind und zwar von oben nach unten: 1) Weisser dichter und gelber weicher Kalkstein. — 2) Grauer schiefriger fossilienreicher Thon. — 3) Crinoiden- und Trigonaliskalk. — 4) Kalkstein mit *Productus striatus*. — 5) Obere Stigmarienschicht. — 6) Grauer und buntgefleckter Kalkstein. — 7) Untere Stigmarienschicht. — 8) Grauer, die untere Stigmarienschicht unterlagernder Kalkstein.

Die oberste Schicht, der weisse dichte Kalkstein, besteht vorherrschend aus einem weissen, zuweilen schwach gelblich gefärbten sehr reinen, harten Kalkstein, der meist in Lagen von 0,5 bis 1 Meter Mächtigkeit liegt. In einzelnen Gegenden jedoch, wie im nördlichen Theile des Alexinschen Kreises, Gouvernement Tula, im südlichen des Sserpuchowschen, Gouvernement Moskau und im nordöstlichen des Tarussaschen Kreises, Gouvernement Kaluga, werden die obersten Lagen desselben, nur an wenigen Stellen die ganze Schicht, aus einem weissen sehr harten und sehr cavernösen Kalkstein gebildet. Die unterste etwa 1,5 Meter starke Lage dieser Schicht besteht fast immer aus einem gelben weichen thonigen Kalkstein. Nur im Medynschen Kreise des Gouvernement Kaluga treten noch unter dem gelben weichen Kalkstein dunklere braun- und graugefärbte Lagen auf. — Die Mächtigkeit dieser ganzen Schicht beträgt bis zu 10 Meter. Ihre Verbreitungsgrenzen sind schon früher angegeben worden. Die cavernösen Theile des Kalksteins sind ganz fossilienleer, dagegen kommen im dichten weissen und weichen gelben Kalkstein sehr häufig Molluskenschalen vor. Foraminiferen enthält er keine, oder sehr wenige und dann auch nur ganz vereinzelte Exemplare. Korallen sind bisher keine gefunden worden.

Hier das Verzeichniss der in ihm gefundenen Fossilien, mit Weglassung aller neuen Arten:

Phillipsia mucronata M'Coy.
Natica Omaliana Kon.
Ampullacera humilis Kon.
Allorisma regularis King.
» *sulcata* Phill.
Solemya primaeva Phill.
Edmondia unioniformis Phill.
Spirifer trigonalis Sow.
» *glaber* Mart.
» *lineatus* Mart.
Syringothyris subconica Mart.
Athyris ambigua Sow.
» *Puschiana* Vern.
» *Bloedeana* Vern.
Rhynchonella pleurodon Phill.
» *pugnus* Mart.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Productus costatus Sow.
» *cora* d'Orb.
» *concinnus* Sow.
» *giganteus* Mart.
» *Leuchtenbergensis* Kon.
Productus lobatus Buch.
» *Martini* Sow.
» *punctatus* Mart.
» *pustulosus* Phill.
» *scabriculus* Mart.
» *undatus* Defr.
» *Youngianus* Davids.
Chonetes papilionacea Phill.
» *variolata* d'Orb.
Fusulinella Struvii Möll.
Bradyina rotula Eichw.
Endothyra crassa Brady.
» *Bowmani* Phill.
» *globulus* Eichw.
» *parva* Möll.
Spirillina plana Möll.
Cribrostomum Bradyi Möll.
» *eximium* Eichw.
Tetrataxis conica Ehrenb.
Nodosinella index Ehrenb.
Archaediscus Karreri Br.
Saccamina Carteri Br.

Der graue schiefrige Thon, welcher an der Besputa, der Oka etc. (siehe das Profil beim Dorfe Michailowka Seite 17) zwischen dem gelben weichen Kalkstein und dem Crinoidenkalk lagert, gleicht, wie schon gesagt, sehr dem schwarzen schiefrigen Thon mit Fossilien, aus der unteren Stigmarienschicht, aber auch nur mit dieser Schicht allein ist es möglich ihn zu verwechseln. Von allen anderen tiefer unten vorkommenden grauen Thonen unterscheidet er sich durch seine deutlich schiefrige Structur und durch den grossen (an Individuenzahl) Fossilienreichthum, während in den anderen grauen Thonen keine Fossilien, mit Ausnahme von Pflanzenresten, vorkommen.

In den oberen Theilen dieses schiefrigen Thones treten fast immer in grösserer oder geringerer Anzahl dünne Zwischenmittel auf, die aus dunkelbraunem, sandigen weichen thonigen Kalkstein oder kalkhaltigem Thon bestehen. Seine Südgrenze fällt ziemlich mit der des weissen dichten Kalksteins zusammen; sie zieht sich von den Quellen der Besputa, längs der Waschana und dem linken Ufer der Oka in den Kreisen Tarussa und Kaluga bis in die Nähe der Stadt Kaluga, umgeht dann einen weiten Bogen nach Osten beschreibend diese Stadt und zieht sich südlich vom Flecken Polotnjanyi Sawod, am linken Ufer der Ugra hin, hier aber nur die höchsten Stellen auf der Wasserscheide einnehmend. Sie liegt auf dieser ganzen Strecke, wie das auch aus den angeführten Aufschlüssen zu sehen ist, entweder auf dem Crinoiden- oder dem Trigonaliskalk. Ihre Mächtigkeit beträgt ungefähr 10 Meter. Foraminiferen sind in diesem Thon äusserst selten. Korallen sind sehr selten, dagegen Mollusken und Bryozoen häufig. Folgende Fossilien konnten bisher mit Sicherheit in dieser Schicht erkannt werden:

Terebratula sulcisinuata Sow.
Spirifer trigonalis Sow.
» *glaber* Mart.
» *lineatus* Mart.
» *striatus* Mart.
» *Urei* Flem.
Athyris ambigua Sow.
» *planosulcata* Phill.
» *Puschiana* Vern.
Rhynchonella pleurodon Phill.
» *pugnus* Mart.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Streptorhynchus radialis Phill.
Productus costatus Sow.
» *cora* d'Orb.
» *giganteus* Mart.
» *lobatus* Buch.
» *Martini* Sow.
» *punctatus* Mart.
» *scabriculus* Mart.
» *undatus* Defr.
» *Youngianus* Davids.
Chonetes variolata d'Orb.
Fusulinella Struvii Möll.
Archaediscus Karreri Br.

Unter dem grauen schiefrigen Thon liegt an der Besputa, der Waschana, an einzelnen Stellen an der Protwa, in der Umgegend von Sserpuchow an der Oka etc. der Crinoidenkalk. An anderen Stellen an der Oka, an der Tarussa, der Schanja etc. wiederum der Trigonalis-

kalk. – Obwohl diese beiden Kalksteine ihrem petrographischen Charakter nach verschieden zu sein scheinen, so können sie doch nicht immer streng von einander geschieden werden, da vielfache Uebergänge zwischen ihnen stattfinden. An der Besputa bei Toropowa besteht der ganze Kalkstein aus Crinoidenresten, nur unter der dort auftretenden Corallenbank liegt ein hellgrauer weicher Kalkstein mit den Fossilien aus dem Trigonaliskalk, der etwa für letzteren angesehen werden könnte. Bei Ssasowa an der Waschana (Kreis Tula) besteht ebenfalls die ganze Kalksteinschicht aus Crinoidenresten. In Podmoklowo an der Oka gegenüber Sserpuchow, besteht der grössere obere Theil des Kalksteins aus Crinoidenresten; doch nimmt die Menge der letzteren nach unten zu ab. Bei Saborje neben Sserpuchow, wo ganz dieselbe Schicht wie in Podmoklowo gebrochen wird, ist die Menge der Crinoidenreste im Kalkstein eine sehr viel geringere. Fünf Werst oberhalb Podmoklowo am rechten Ufer der Oka, beim Dorfe Lanschina, fehlt der eigentliche Crinoidenkalk vollständig und nur der Trigonaliskalk ist hier zu sehen, dessen oberste Lagen zwar noch in grösserer Menge Crinoidenreste enthalten, aber doch sehr viel weniger, als die entsprechenden Lagen bei Podmoklowo. An der Protwa tritt der Crinoidenkalk an einzelnen Stellen (Umgegend von Altuchowo, Kreis Tarussa) auf, an anderen (Troizkoje, Kreis Tarussa) fehlt er vollständig. An den Bächen Tarussa, Myschiga, Schanja, Ugra fehlt der Crinoidenkalk, ebenso fast auf der ganzen Strecke an der Oka von Lanschina flussaufwärts bis Kaluga. Nur an einer Stelle, in der Schlucht beim Dorfe Michailowka am linken Ufer der Oka tritt er wieder als dünne Lage auf. Da nun die in beiden Kalksteinen vorkommenden Fossilien vollkommen die nämlichen sind und der eine Kalkstein stets auf Kosten des anderen entwickelt ist, sowie auch an Orten wo beide gleichzeitig vorkommen doch die Gesammtmächtigkeit beider zwischen dem grauen schiefrigen Thon und den Kalksteinen mit *Productus striatus* gelegenen Schichten meist sehr nahezu die nämliche überall ist, so müssen der Crinoidenkalk und der Trigonaliskalk mit einander vereinigt werden, und ersterer nur als eine örtliche grössere Ansammlung von Crinoidenresten im Trigonaliskalk angesehen werden.

Der Trigonaliskalk ist gewöhnlich von hellgrauer zuweilen gelblichgrauer Farbe, hart, aber meist sehr brüchig und überfüllt mit Brachiopodenschalen. Foraminiferen enthält er nur sehr wenig, Korallen sind in ihm auch ziemlich selten, doch kommen sie häufiger, als in der vorhergehenden Schicht vor.

Der östlichste Punkt wo diese Schicht bisher angetroffen wurde ist am Osetr etwas unterhalb des Dorfes Tolstyje (Kreis Wenew, Gouvernement Tula). Von hier beginnend, zieht sich die Südgrenze ziemlich beständig in west-südwestlicher Richtung bis in den Lichwinschen Kreis, wo sie sich etwas westlich vom Dorfe Knjas Michailowo nach Norden zur Stadt Kaluga wendet. Diese Stadt umgeht sie in einem östlichen Bogen und wendet sich dann nach Nordwesten, welche Richtung sie bis in das Gouvernement Smolensk beibehält; auf dieser letzten Strecke bleibt sie meist in einer Entfernung von 8 bis 10 Werst nördlich vom linken Ufer der Ugra, welchen Fluss sie nur an einer Stelle auf eine kurze Strecke beim Dorfe Davidowo überschreitet. Ausser in dieser grossen

Fläche, durch die Niederungen der Upa von derselben getrennt, tritt der Trigonaliskalk auf einem nicht sehr grossen Raume am linken Ufer der Upa im nordwestlichen Theile des Odoewschen Kreises und im südöstlichen des Tulaschen auf, wo er bei den Orten Sloboda, Antjuschewa, Gorodenki etc. aufgeschlossen ist. An der Südgrenze dieser letzteren Fläche bei Sloboda, Ostrowki, Antjuschewa, liegt der Trigonaliskalk direct auf Schichten mit Stigmarien, während im nördlichen Theile bei Gorodenki derselbe den Schichten mit *Productus striatus* aufliegt. Der Trigonaliskalk erreicht in der Umgegend von Sserpuchow eine Mächtigkeit von 15 bis 20 Meter. Ganz vereinzelt inselförmig kommt dieser Kalkstein noch beim Dorfe Wolaja am Bache Njerusch im Kreise Shisdra, Gouvernement Kaluga, vor, wo er von Kreidebildungen überlagert wird.

In dieser Schicht sind folgende Fossilien gefunden worden:

Leptocantus ramosus Eichw.
Phillipsia mucronata M'Coy.
Nautilus regulus Eichw.
» *ingens* Mart.
» *bicarinatus* Vern.
Orthoceras giganteum Sow.
» *Polyphemus* Fisch.
Gyroceras Meyeranum Kon.
Goniatites rotatorius Kon.
» *implicatus* Kon.
Macrocheilus conspicua Kon.
Pleurotamoria Griffithii M'Coy.
Sanguinolaria undata Prtl.
Allorisma regularis King.
» *sulcata* Phill.
Solemya Puzosiana Kon.
Pinna flexicostata M'Coy.
Aviculopecten segregatus M'Coy.
» *coelatus* Phill.
Terebratula sulcisinuata Sem.
Spirifer trigonalis Sow.
» *bisulcatus* Sow.
» *crassus* Kon.
» *glaber* Mart.
» *lineatus* Mart.
» *striatus* Mart.
» *clatratus* M'Coy.
Spirifer Urei Flem.
Syringothyris subconica Mart.
Athyris ambigua Sow.
» *planosulcata* Phill.
» *Puschiana* Vern.
» *Bloedeana* Vern.
Rynchonella pleurodon Phill.
» *pugnus* Mart.
» *reniformis* Sow.
Orthis resupinata Mart.
» *Michelini* Kon.
Streptorhynchus crenistria Phill.
» *radialis* Phill.
Strophomena analoga Phill.
Productus costatus Sow.
» *carbonarius* Kon.
» *cora* d'Orb.
» *giganteus* Mart.
» *lobatus* Sow.
» *Martini* Sow.
» *punctatus* Mart.
» *scabriculus* Mart.
» *semireticulatus* Mart.
» *undatus* Defr.
» *Youngianus* Davids.
Chonetes variolata d'Orb.
Discina nitida Phill.

Lonsdalia cf. floriformis Flem.
Amplexus arietinus Keys
» *robustus* Kon.
» *excavatus* E. H.
» *coralloides* Sow.
Cyathophyllum paracida M'Coy.
Clisiophyllum turbinatum E. H.
Lophophyllum Konninki E. H.
Cyatoxonia cornu E. H.
Syringopora distans Fisch.
Fusulinella Struvii Möll.
Bradyina rotula Eichw.
Endothyra crassa Brady.
» *Bowmani* Phill.
» *globulus* Eichw.
» *parva* Möll.
Spirillina plana Möll.
Cribrostomum Bradyi Möll.
» *eximium* Eichw.
» *patulum* Brady.
» *commune* Möll.
Tetrataxis conica Ehrenb.
» var. *gibba* Möll.
Nodosinella index Ehrenb.
Archaediscus Karreri Brady.

Vergleicht man die drei letzten Verzeichnisse der Fossilien mit einander, so ergiebt sich deutlich, dass die drei in Rede stehenden Schichten, der weisse dichte Kalkstein, der graue schiefrige Thon und der Trigonaliskalk eine gemeinsame Gruppe bilden und nur petrographisch von einander verschieden sind. Ob diese drei Schichten nördlich von dem von mir untersuchten Theil des Moskauer Beckens in den Gouvernements Twer, Nowgorod etc. überall ebenfalls den nämlichen petrographischen Charakter beibehalten, ist nicht möglich gewesen festzustellen, doch scheint bei Steschewo (Kreis Rshow Gouvernement Twer) der graue schiefrige Thon durch weissen, grauen und rothen dünnschiefrigen Mergel ersetzt zu sein.

Unter dem Trigonaliskalk folgt eine mächtige Ablagerung von Kalksteinen, die durch das massenhafte Vorkommen von *Productus striatus* charakterisirt sind. Dieses Fossil kommt ausschliesslich nur in diesen Kalksteinen vor und ist weder im Trigonaliskalk, noch in den tiefer liegenden Stigmarienschichten angetroffen worden.

Die grösste Entwickelung hat diese Schicht im mittleren und westlichen Theile des Rjasanschen Gouvernement, an der Pronja und dem unteren Laufe der Ranowa und im östlichen Theile des Gouvernement Tula am Osetr und dem Bache Tuliza in den Kreisen Wenew und Tula. Der Kalkstein besteht hier, wie es das früher angeführte Profil aus Gremjatschee zeigt, aus einem weichen weissen Kalkstein, der die oberen Theile desselben bildet und aus einem festen gelblichgrauen Kalkstein. Obwohl diese beiden Schichten auf dem genannten Raume überall sehr scharf von einander getrennt sind, so besteht zwischen ihnen doch nur eine petrographische Verschiedenheit. In palaeontologischer Hinsicht sind sie aber einander sehr gleich, nur scheint es, dass die Anzahl von Individuen des *Productus striatus* in der unteren etwas geringer ist, als in der oberen. Zwischen diesen beiden Schichten liegt am Osetr und dessen Zuflüssen bei den Orten Saljkowo, Pritschal, Prudischtsche, Bjelogorodischtsche, Lischnjagi etc. auf einem Flächenraum von ungefähr siebenzig Quadrat-

werst eine Korallenbank von 0,2 bis 0,3 Meter Mächtigkeit, die nur aus *Lithostrotion junceum* Flem. und *Lithostrotion concameratum* Keys., besteht. Man kann sie auf diesem Raume in allen etwas tieferen Wasserrissen und Flussläufen sehen. Der weisse weiche Kalkstein liegt in Lagen von 1,4 bis 2 Meter Mächtigkeit, von denen die meisten ganz aus Foraminiferenschalen bestehen, doch kommen zwischen diesen Lagen einzelne vor, die fast ganz fossilienleer, oder doch nur sehr arm an Thierresten sind. Diese letzteren Lagen werden am Osetr bei den Dörfern Bjakowa und Gurjewa im Kreise Wenew und an der Pronja bei Sserebrjanaja und Kurlyschewa (Kreis Michailow) durch Stollen gewonnen und frisch zersägt zu Treppenstufen, Fensterbrettern, Karnisen etc. verarbeitet. An Fossilienreichthum zeichnet sich der weisse Kalkstein besonders bei den Orten Pritschal am Osetr (Kreis Wenew), Ploskaja an der Pronja (Kreis Wenew), Sserebrjanaja an der Pronja (Kreis Michailow) und der kleine Bach Tolmatschewka (rechter Zufluss der Pronja im Kreise Michailow) aus. Der untere harte meist sehr dichte gelblichgraue Kalkstein liegt in Lagen von 0,2 bis 0,4 Meter. In ihm scheinen die Fossilien sehr viel gleichmässiger vertheilt zu sein, doch kommen auch hier einzelne Lagen vor, die ein vollständiges Conglomerat von Schalenresten bilden.

Diese beiden Schichten zusammen, haben am Osetr und an der Pronja, oberhalb der Stadt Michailow, eine Mächtigkeit von 40 bis 50 Meter. Weiter nach Westen aber, an der Waschana, der Oka, Tarussa etc. nimmt die Mächtigkeit bedeutend ab und beträgt hier selten mehr als 20 Meter. Der petrographische Charakter dieser Schicht ist nach Westen hin an den letztgenannten Flüssen ein ganz anderer. Der weiche weisse Kalkstein kommt hier nicht mehr vor, sondern an seine Stelle tritt ein dunkelgrauer oder gelblichgrauer fester Kalkstein. Obwohl letzterer Grund zur Annahme geben könnte, dass der obere der beiden Kalksteine vom Osetr und der Pronja sich in dieser Richtung auskeilt, so ist es doch nach den Fossilien zu urtheilen sehr viel wahrscheinlicher, dass gerade die obere der beiden Schichten sich nach Westen hin fortsetzt. Im weichen weissen Kalkstein von Plosskaja an der Pronja kommt unter anderen eine neue breit- und flachgerippte Cyrtina-Art in grösserer Anzahl vor, zugleich mit der sehr seltenen Koralle *Heterophyllum grandis* M'Coy. Die nämlichen beiden Fossilien kommen nun auch beim Dorfe Pochwasnewa an der Tarussa vor und sind auch die anderen zugleich mit ihnen gefundenen Fossilien meist dieselben wie die bei Plosskaja.

Die Verbreitung des Kalksteins mit *Productus striatus* ist eine recht bedeutende. Der östlichste Punkt, wo er bisher angetroffen wurde ist beim Dorfe Kirilowka am Bache Mostja (rechter Zufluss der Ranowa) im Kreise Rjaschsk, Gouvernement Rjasan. Hier tritt derselbe weisse weiche Kalkstein wie bei Gremjatschee auf, mit: *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Allorisma regularis* King., *Lonsdalia Bronni E. H.*, *Strephodes Stutshburi E.H.*, *Syringopora parallela* Fisch. Der südöstlichste bisher bekannte Punkt dieser Kalksteine liegt 15 Werst nördlich von der Stadt Rjaschk (Gouvernement Rjasan) am linken Ufer der Ranowa unweit der Eisenbahnstation Podwislowo. Von hier zieht sich die Südgrenze des in Rede stehenden Kalksteins in geringer Entfernung längs dem linken Ufer des Baches Werda (linker Zufluss der Ranowa) nördlich von Skopin vorbei, geht dann ziemlich gerade nach

West-Nordwest, zehn Werst nördlich von Tula vorbei. 13 Werst unterhalb Tula überschreitet sie die Upa und zieht sich von hier ziemlich genau nach Westen, nur im Lichwinschen Kreise (Gouvernement Kaluga) einen flachen Bogen nach Norden beschreibend, an die Oka 7 Werst unterhalb der Stadt Peremyschl. Von hier biegt sie steil nach Norden zur Stadt Kaluga, von wo aus sie sich am linken Ufer der Ugra entlang hinzieht, bis sie 12 Werst oberhalb der Mündung des Baches Ssuchodrew in die Ugra unter dem Trigonaliskalk verschwindet. Mit der so nach Süden begrenzten Fläche ursprünglich im Zusammenhange, jetzt aber durch die breite Niederung der Ugra getrennt, tritt der Kalkstein mit *Productus striatus* am rechten Ufer der Ugra auf in dem Raume zwischen der Mündung der Ugra in die Oka, der Stadt Worotynsk und dem Ufer der Ugra etwa 8 Werst unterhalb der Mündung des Ssuchodrew in dieselbe. Inselförmig inmitten von Stigmarienschichten tritt der Kalkstein mit *Productus striatus* im Gouvernement Kaluga am Bache Ressa (rechter Zufluss der Ugra) in der Umgegend der Stadt Mosalsk auf, dann im Gouvernement Smolensk im Kreise Yuchnow beim Flecken Snamenskoje am oberen Laufe der Ugra. Im Gouvernement Tula, südlich von der von Stadt Tula am Bache Kolpna, linkem Zufluss der Upa, im Kreise Krapiwna und bei den Gruben Mochowoje und Bobriki im Kreise Bogorodizk. Am Bache Kolpna, auf der Kohlengrube gleichen Namens, unweit von der Station Jasenki der Moskau-Kursker Eisenbahn tritt der Kalkstein mit *Productus striatus* im Schacht Barbara in einer Mächtigkeit von $12^1/_2$ Meter auf. Im Schacht Magdalena dieser Grube, der nicht sehr weit vom vorhergenannten Schachte liegt, fehlt der Kalkstein mit *Productus striatus* vollständig. Seine Stelle vertreten hier abwechselnde Lagen von Sand, Brauneisenstein und Thon in einer Mächtigkeit zusammen von $13^1/_2$ Meter[1]). (Die Profile dieser Schächte sind weiter unten gegeben). Hier ist derselbe Fall wie der in Bezug auf Mochowoje und Bobriki Seite 26 beschriebene, wo der Kalkstein mit *Productus striatus* zur Zeit der Ablagerung des gelben Sandes zerstört worden ist und nur als isolirte Klippen an einzelnen Stellen stehen blieb.

Unter den im Kalkstein mit *Productus striatus* gefundenen Fossilien konnten bisher folgende sicher erkannt werden:

Nautilus bilobatus Sow.
» *excentricus* Eichw.
» *tulensis* Brbt.
» *planotergatus* M'Coy.
» *tetragonus* Phill.
Orthoceras undulatum Sow.
» *sulcatulum* M'Coy.
Cycloceras ornatum Eichw.
Natica Omaliana Kon.
Loxonema rugifera Phill.
Pleurotomaria Griffithii M'Coy.
» *microcosmus* Eichw.
Murchisonia angulata Phill.
Euomphalus catillus Mart.
» *Dionysii* Mntf.
Allorisma regularis King.

1) Tidelsky die Hill'sche Lagerstätte nutzbarer Mineralien, Горн. журн. 1881. Bd. III.

Allorisma sulcata Phill.
Solemya primaeva Phill.
Edmondia unioniformis Phill.
Nucula cardiiformis Eichw.
Pinna flexicostata M'Coy.
Aviculopecten segregatus M'Coy.
» *subfimbriatus* Vern.
» *Ryazanensis* Brbt.
Terebratula hastaeformis Kon.
» *sacculus* Mart.
Spirifer glaber Mart.
» *lineatus* Mart.
» *integricostus* Phill.
» *pectinoides* Kon.
Athyris expansa Phill.
» *planosulcata* Phill.
» *Puschiana* Vern.
» *variabilis* Möll.
Cyrtina septosa Phill.
Rynchonella pugnus Mart.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Camarophoria globulina Phill.
Productus elegans M'Coy.
» *fimbriatus* Phill.
» *giganteus* Mart.
» *longispinus* Sow.
» *striatus* Fisch.
» *tubarius* Keys.
Chonetes comoides Phill.
» *papilionacea* Phill.
Lonsdalia floriformis Flem.
» *Bronni* E. H.
» *rugosa* E. H.
Lithostrotion Portlocki E. H.
» *concameratum* Keys.
Lithostrotion irregulare E. H.
» *junceum* Flem.
» *Martini* E. H.
Strephodes Stutshburi E. H.
» *Murchisoni* E. H.
Amplexus coralloides Sow.
Zaphrentis cylindrica Scouler.
Heterophyllum grandis M'Coy.
Syringopora distans Fisch.
» *reticulata* Goldf.
» *gracilis* Keys.
» *parallela* Fisch.
» *ramulosa* Goldf.
Aulophyllum fungites E. H.
Siderospongia sirensis Trautsch.
Fusulinella Struvii Möll.
Bradyina rotula Eichw.
Cribrospira Panderi Möll.
Endothyra Bowmani Phill.
» *globulus* Eichw.
» *Panderi* Möll.
» *parva* Möll.
Spirillina subangulata Möll.
» *plana* Möll.
Cribrostomum Bradyi Möll.
» *eximium* Eichw.
» *patulum* Brady.
» *commune* Möll.
» *textulariforme* Möll.
Tetrataxis conica Ehrenb.
» *gibba* Möll.
Nodosinella index Ehrnb.
» *Lahuseni* Möll.
Archaediscus Karreri Brady.
Stacheia sp.

Ausser den hier genannten Formen will ich noch zwei neuer Formen erwähnen, welche sehr häufig in diesen Kalksteinen auftreten. Nämlich zwei Cyrtina-Arten,

von denen die eine mit breiten flachen Rippen schon erwähnt wurde. Die andere Cyrtina gehört wohl zu den grössten bekannten Brachiopoden, indem sie eine Breite von 7 bis 8 Zoll erreicht und ihre Area eine Höhe von 4 Zoll hat.

Unter dem Kalkstein mit *Productus striatus* liegen, wie es aus den früher angeführten Profilen zu sehen ist, immer zwei Schichten mit Stigmarienresten, welche durch ein paar Lagen meist sehr harten grauen Kalksteins von einander getrennt werden. Zwischen diesen Lagen liegt im nördlichen Theile der bisher untersuchten Fläche in den Kreisen Alexin, Tarussa, Kaluga, Peremischl, Medyn, Mosalsk, Meschtschowsk und im nördlichen des Koselskischen, ein äusserst charakteristischer roth- und gelb-gefleckter, zuweilen etwas thoniger und cavernöser, aber sehr harter Kalkstein, der gewöhnlich eine einzige bis zu 4 Meter mächtige Lage bildet. Nach Süden keilt sich dieser bunte Kalkstein wie schon erwähnt aus und auch die genannten grauen Kalksteinlagen über und unter ihm werden allmälig schwächer, doch keilen sie sich niemals ganz aus, so dass die beiden Stigmarienschichten immer durch eine Kalksteinlage ohne Pflanzenreste von einander getrennt bleiben. An der Oka ist die Gesammtmächtigkeit der die Stigmarienschichten trennenden Kalksteinlagen 7 Meter, während sie südlich von Tula oft kaum 1 Meter beträgt. Im Rjasanschen Gouvernement ist der buntgefleckte Kalkstein bisher nur beim Dorfe Grigorjewskoje an der Ranowa (Kreis Rjashsk) angetroffen worden, er liegt hier ebenfalls zwischen zwei Lagen grauen Kalksteins und über und unter denselben liegt grauer Thon, aus welchem hier die beiden Stigmarienschichten bestehen. Bei dem schon früher erwähnten Orte Kirilowka an der Mostja (Kreis Rjashsk) sind ebenfalls Stücke des buntgefleckten Kalksteins gefunden worden, doch konnte dort die Lage dieses Kalksteins nicht festgestellt werden. Der buntgefleckte Kalkstein ist sehr reich an Foraminiferen, enthält aber sonst fast gar keine anderen Fossilien, nur eine flache und breite Stöcke bildende Chaetetes-Art mit sehr kleinen Zellen kommt häufiger in ihm vor.

Der Charakter der beiden Stigmarienschichten ist schon oben ziemlich genau beschrieben worden. In der oberen Stigmarienschicht sind bisher keine Fossilien ausser Stigmarienresten und Foraminiferen gefunden worden. Die Foraminiferen kommen in dieser Schicht meist nur vereinzelt vor, oft fehlen sie auch vollständig. In der unteren Schicht und dem dieselbe unterlagernden grauen Kalkstein dagegen sind sie viel häufiger und sind diese beiden untersten Schichten, die untere Stigmarienschicht und der untere graue Kalkstein, überhaupt sehr reich an Fossilien besonders an Gasteropoden (über 100 Arten) und Lamellibranchiaten. Leider ist ein grosser Theil der Gasteropoden neu. An Fossilienreichthum in der unteren Stigmarienschicht zeichnen sich besonders eine kleine Schlucht beim Dorfe Sloboda am linken Ufer der Upa Kreis Odojew, Gouvernement Tula und der Kalkstein mit Stigmarien am Bache Selna einem rechten Zufluss des Baches Kaluschka, Kreis

1) A. v. Dittmar, Bericht über die im Jahre 1870 ausgeführten geologischen Untersuchungen (Отчетъ о геологическихъ изслѣдованіяхъ произведенныхъ въ 1870 году) Seite 13.

und Gouvernement Kaluga, aus. Am Bache Selna besteht der obere Theil des Kalksteins mit Stigmarien aus einem weichen sehr sandigen thonigen Kalkstein, der ausser einer sehr grossen Menge Pflanzenreste eine Unmasse Gasteropoden enthält. Foraminiferen sind in ihm dagegen sehr selten. Der grosse Sandgehalt des Kalksteins, die Seltenheit der Foraminiferen, das gleichzeitige Vorkommen von Pflanzenresten und Gasteropoden, die auffallende Menge der letzteren unter denen Littorina- und Ampullacera-Arten vorkommen, giebt viel Grund zur Annahme, dass man es an dieser Stelle mit einer Uferbildung zu thun hat, wobei die genannten beiden Gattungen auf eine Brackwasserbildung hindeuten. In Sloboda besteht die Schicht aus einem weichen sehr leicht verwitternden gelben oder grauen thonigen Kalkstein, der von einem dünnen Kohlenflötz überlagert wird. Aus dieser Schicht stammt ein grosser Theil der von Möller[1]) beschriebenen Foraminiferen, die er als im gelben Thon von Sloboda gefunden anführt. Unter derselben Bezeichnung hat auch Eichwald in seiner Lethaea rossica mehrere Gasteropoden aus dieser Schicht beschrieben. Ssemenow und Möller[2]) rechneten irrthümlicher Weise diese Schicht zu der von ihnen aufgestellten Malewka-Murajewna-Etage, die unter der kohlenführenden Etage liegt und berufen sich dabei auf das von Jeremejew[3]) von Sloboda gegebene Profil. Sie sagen in der Anmerkung: «Die in diesem Profile unter der Steinkohle angezeigten Thone sind es eben, aus denen die von H. Eichwald beschriebenen und meistentheil von H. Romanowsky gesammelten Petrofacten stammen.» Nun giebt aber Jeremejew aus Sloboda folgendes Profil:

1) Sandiger diluvialer Thon.
2) Gelber Sand mit Eisenerz.
3) Blauer Thon.
4) Gelber Thon.
5) Kalkstein.
6) Gelber Thon.
7) Blauer Thon.
8) Gelber Thon.
9) Kalkstein.
10) Blauer Thon.
11) Gelber Thon.
12) Kalkstein.
13) Blauer Thon mit Kohlenflötzen.
14) Unterer Sandstein.

Er zeigt demnach, dass der gelbe Thon über dem Kalkstein liegt von dem er erwähnt, dass er *Productus giganteus* enthält. Blasius[4]) fand an diesem Orte:

1) Mémoire de l'Acad. des Sc. de St.Pétersbourg 1878 Bd. XXV № 9 und 1879 Bd. XXVII № 5.
2) Bullet. de l'Acad. de St. Pétersb. 1864. Bd. VII S. 255.
3) Горный журналъ, 1853, III, Seite 395.
4) Blasius 1844 Reise im europäischen Russland.

1) diluvialen Thon.
2) Sand mit eingelagertem Sandstein.
3) Eine dünne Kalksteinschicht, über der Spuren von Thon und Kohle vorkommen, sehr reich an Versteinerungen.
4) Sand.
5) Kohle.
6) Sand.
7) Kohle.
8) Blauen Thon.

Die obersten Lagen des Kalksteins (3) fand ich verwittert von gelber Farbe, weich thonig und sehr reich an Gasteropoden, während keine andere Schicht sonst hier dieselben enthielt.

In Bezug auf die in den beiden Stigmarienschichten vorkommenden Foraminiferen ist noch zu bemerken, dass die Menge derselben in einem umgekehrten Verhältniss zur Menge der in diesen Schichten vorkommenden Pflanzenresten zu stehen scheint und dass dort, wo wenig Pflanzenreste in diesen Schichten vorhanden sind, die Anzahl der Foraminiferen eine grössere ist, als in den an Pflanzenresten reichen Theilen dieser Schichten.

Die in den beiden Stigmarienschichten auftretenden Kohlenflötze, deren Zahl in beiden Schichten, wie schon erwähnt wurde, eine sehr verschiedene ist, haben meist eine unbedeutende Ausdehnung und geringe Mächtigkeit wobei letztere nur selten 0,7 bis 1,5 Meter erreicht. Die grösste bisher bekannte Mächtigkeit eines Flötzes in diesen Schichten wurde bei den Untersuchungsarbeiten auf dem Lande des Grafen Bobrinskij im Epifanschen Kreise in der Nähe des Dorfes Kamenka angetroffen. Dort erreicht an einer Stelle ein Flötz in der oberen Stigmarienschicht eine Mächtigkeit von fast 1,5 Meter. In einem anderen Bohrloch auf demselben Lande wurde dieses Flötz nur in einer Mächtigkeit von 0,7 Meter gefunden und an anderen Stellen wiederum, wie in dem nicht weit von den genannten gelegenem Schachte I von Bobriki, dessen Profil früher angeführt wurde, fehlt dieses Flötz vollständig. Bei der Stadt Kaluga erreicht ein Flötz in der unteren Stigmarienschicht im Ausgehenden eine Mächtigkeit von ungefähr 0,7 Meter und dieselbe Mächtigkeit hat ein Flötz in der oberen Stigmarienschicht beim Dorfe Puschtschino, am Bache Pytanj, einem linken Zufluss der Oka, im Kreise Tarussa, Gouvernement Kaluga. Diese an einzelnen Stellen vorkommende etwas grössere Mächtigkeit ist aber nur eine örtliche, auf einen sehr geringen Raum beschränkte, was auch aus den erwähnten Bohrungen auf dem Lande des Grafen Bobrinsky hervorgeht und was unter anderem auch sehr deutlich am Bache Pytanj beobachtet werden konnte. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, dass ein ernstlicher grosser Grubenbau auf diesen Flötzen sich verlohnen wird.

Das Vorkommen der Stigmarienschichten und von Kohlenflötzen in ihnen war bisher im Moskauer Becken noch zu wenig bekannt und sind in Folge dessen irrthümlicher Weise mehrfach schon Bohrungen als beendigt (und zwar mit einem ungünstigen Resultate) be-

trachtet worden, die nur die Stigmarienschichten durchsunken hatten, in denen ein schwaches Kohlenflötz angetroffen wurde. Die eigentlichen kohlenführenden Schichten waren hier garnicht erreicht worden. Dieses ist unter anderem mit Bohrlöchern in der Nähe der Zuckerfabrik des Grafen Bobrinsky bei der Stadt Bogorodizk Gouvernement Tula, geschehen.

Die Südgrenze der beiden Stigmarienschichten und des unter ihnen liegenden grauen Kalksteins fällt fast zusammen und liegt die der Stigmarienschichten meist nur wenige Werst nördlicher, als die des grauen Kalksteins. Auf der beigefügten Karte ist die Südgrenze des Kalksteins genau angegeben und würde eine Beschreibung der vielfach gebogenen Linie derselben hier kaum zur Deutlichkeit beitragen. Die südlichen Punkte dieser Grenze liegen fast alle auf einer Breite (53° 40′), die Grenze wird aber zum Theil in Folge späterer Auswaschungen, vorherrschend aber in Folge einzelner höherer Rücken des devonischen Kalksteins vielfach weit nach Norden zurückgedrängt. Der bedeutendste derartige Rücken des devonischen Kalksteins wird nach Norden hin ungefähr begrenzt durch die Verbindungslinie zwischen den Städten Odojew, Krapsiwna, Lichwin, Peremyschl und Koselsk und drängt die Südgrenze des untersten Kohlenkalksteins und der Stigmarienschichten um 40 Werst nach Norden zurück. Ein anderer derartiger Rücken des devonischen Kalksteins im Rjasanschen Gouvernement zieht sich von dem Don, längs dessen linken Zufluss dem Bache Panika, nach Norden zum Dorfe Choroschtschowka im Skopinschen Kreise und verursacht dadurch im Kalkstein des Kohlensystems eine lange schmale Ausbucht nach Norden, deren nördliche Spitze in der Nähe des Dorfes Krasnoje Gorodischtsche an der Pronja (Kreis Michailow) liegt.

In den Stigmarienschichten und dem untersten grauen Kalkstein zusammen, wurden ausser einer sehr grossen Anzahl neuer, folgende Fossilien gefunden:

Leperditia nigrescens Eichw.
Nautilus bilobatus Sow.
» *excentricus* Eichw.
» *tulensis* Brbt.
» *planotergatus* M'Coy.
» *Fahrenkohlii* Fisch.
Orthoceras acuminatum Eichw.
» *vestitum* Fisch.
» *undatum* Flem.
» *laterale* Phill.
» *bicingulatum* Sandb.
» *scalare* Goldf.
Gomphoceras lagena Eichw.
Cycloceras ornatum Eichw.
Cyrthoceras Gesneri Mart.
» *multisepttaum* Flem.
Natica Omaliana Kon.
Noticopsis carbonarius Brbt.
» *mammilaris* Kon.
» *ventricosus* M. & W.
» *nana* M. & W.
Macrocheilus conspicua Kon.
» *laevis* Kon.
» *ventricosus* Hall.
Cylindrites carbonarius Kon.
Actaeonina minuta Stevens.
» *carbonaria* Eichw.
» *nana* Eichw.
Polyphemopsis primordialis Kon.
» *inornata* M. & W.
Anomphalus rotulus M. & W.
Microdoma basalis Eichw.

Microdoma serrilimbea Phill.
Littorina biserialis Phill.
Trochus tulensis Brbt.
Ampullacera tabulata Phill.
Loxonema anglica d'Orb.
» *laevigata* Eichw.
» *Lefeburea* Lév.
» *rugifera* Phill.
» *subconstricta* Kon.
» *turbinata-conica* Goldf.
Pleurotomaria concentrica Kon.
» *cingulata* Goldf.
» *Griffithii* M'Coy.
» *laevis* M'Coy.
» *linteata* Goldf.
» *microcosmus* Eichw.
» *nana* Eichw.
» *nitida* Eichw.
» *scripta* Kon.
» *vittata* Phill.
» *substriata* Kon.
Murchisonia abbreviata Sow.
» *acus* Eichw.
» *angulata* Phill.
» *Archiaciana* Kon.
» *elongata* Prtl.
» *gracilis* Goldf.
» *inornata* M. & W.
» *percincta* Prtl.
» *spiculum* Eichw.
» *spirula* Eichw.
» *striatula* Kon.
» *taeniata* Phill.
Dentalium priscum Kon.
» *ornatum* Kon.
Bellerophon decussatus Flem.
» *dorsualis* Eichw.
» *Dumonti* d'Orb.
» *Urei* Flem.
Euomphalus crotolostomus M'Coy.
» *cochleatus* Sem. & Möll.
» *Dionysii* Mntf.
» *elegans* Kon.
» *fallax* Kon.
» *minutus* Kon.
» *pileopsideus* Kon.
» *subrugosus* M. & W.
» *transiens* Kon.
» *tuberosus* Kon.
Porcellia nodosa Hall.
Solen siliquoides Kon.
Allorisma sulcata Phill.
Cypricardia rectangularis M'Coy.
» *striato-lamellosa* Kon.
» *rhombea* Phill.
Conocardium alaeforme Sow.
Solemya Puzosiana Kon.
» *primaeva* Phill.
Megalodon transversa d'Orb.
Arca Lacordairiana Kon.
» sp. (*oreliana* Sem. & Möll.)
Leda leiorhynchus M'Coy.
Nucula candiiformis Eichw.
Aviculopecten segregatus M'Coy.
» *sibericus* Vern.
» *ellipticus* Phill.
» *Leonis* Sem. & Möll.
» *Valdaicus* Vern.
Terebratula sulcisinuata Sem.
Spirifer duplicicosta Phill.
» *glaber* Mart.
» *lineatus* Mart.
» *ovalis* Phill.
Spiriferina octoplicata Sow.
Athyris expansa Phill.
» *planosulcata* Phill.
» *Puschiana* Vern.
» *subpyriformis* Sem. & Möll.

Rhynchonella pleurodon Phill.
Orthis resupinata Mart.
» *Michelini* Kon.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Camarophoria globulina Phill.
Productus elegans M'Coy.
» *fimbriatus* Phill.
» *giganteus* Mart.
» *granulosus* Phill.
» *longispinus* Sow.
» *latissimus* Sow.
» *punctatus* Mart.
» *tubarius* Keys.
Chonetes comoides Phill.
» *cribrosa* Eichw.
» *Laguessiana* Kon.
» *papilionacea* Phill.
Discina nitida Phill.
Lithostrotion irregulare E. H.
» *intermedium* Eichw.
» *junceum* Flem.
» *Martini* E. H.
Amplexus Henslowi E. H.
Axophyllum radicatum Kon.
Syringopora distans Fisch.
» *reticulata* Goldf.
» *gracilis* Keys.
Syringopora ramulosa Goldf.
» *abdita* Vern.
Smithia Hennahi Lonsd.
Siderospongia sirensis Trautsch.
Fusulinella Struvii Möll.
Bradyina rotula Eichw.
Cribrospira Panderi Möll.
Endothyra Bowmani Phill.
» *globulus* Eichw.
» *Panderi* Möll.
» *parva* Möll.
Spirillina subangulata Möll.
» *plana* Möll.
» *irregulare* Möll.
Cribrostomum Bradyi Möll.
» *eximium* Eichw.
» *patulum* Brady.
» *gracile* Möll.
» *commune* Möll.
» *textulariforme* Möll.
» *pyriforme* Möll.
Tetrataxis conica Ehrenb.
» *gibba* Möll.
Nodosinella index Ehrenb.
» *Lahuseni* Möll.
Archaediscus Karreri Brady.
Stigmaria ficoides Brng.

Die kohlenführende Etage.

Der Schichtencomplex mit *Productus giganteus* wird im ganzen Moskauer Becken bekanntlich von der kohlenführenden Etage unterlagert, die am Südrande desselben in einem breiten Saume zu Tage tritt. In dieser Etage, welche vorherrschend aus Schichten von Sand und Sandstein und grauem oder schwarzen Thon besteht und zwischen denen eine Anzahl mehr oder weniger mächtiger Kohlenflötze lagert, können drei Horizonte unterschieden werden. Der obere Horizont unmittelbar unter dem untersten grauen Kalkstein, der das Liegende der unteren Stigmarienschicht bildet, besteht meist aus lichtgefärbtem gelbem, weissem oder

hellgrauem Sand, oder Sandstein und grauem Thon, in dem häufig ein oder zwei, stellenweise jedoch bis zu 6 meist sehr schwache Kohlenflötze liegen. In den früher gegebenen Profilen sind diese Lagen schon mehrfach vorgekommen. Im Profil der Schlucht beim Dorfe Michailowka (Seite 17) gehören hierher die Schichten (13) und (14), in dem vom Schacht in Malewka (Seite 27) der graue Sand (6), in dem von Levina (Seite 27) die Schichten (6, 7) und ein Theil von (8). In dem Schachte bei Bobriki (Seite 28) der gelbe Sand mit Thon und Kohle (12) der graue Thon (13) das Kohlenflötz (14) und der graue thonige Sand mit Stigmarienresten (15); desgleichen gehören hierher der gelbe Sandstein, der im Profil von Gremjatschee (Seite 29) angeführt ist. Bezeichnend für diesen Horizont ist das Vorkommen in demselben von Sandsteinen und ein grosser Gehalt von Pflanzenresten und zwar ausschliesslich von Stigmarien, während andere Pflanzen keine in ihm bisher gefunden sind. In dem mittleren Horizonte sind die Sand- und Thonschichten vorwiegend dunkelgrau gefärbt und schliessen die bauwürdigen Flötze in sich. Ausser Stigmarien sind hier in grosser Anzahl Lepidodendren vertreten. Das unterste Glied dieses Horizontes bilden wieder ziemlich häufig Sandsteine, welche meist eisenschüssig, braun oder ockergelb gefärbt sind und von Pflanzenresten nur Abdrücke von *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. (*Knorria imbricata* Sternb.) enthalten, während Stigmarien in ihm vollständig fehlen. Der untere Horizont besteht im östlichen Theile des untersuchten Gebietes aus ebensolchen Sand und Thonschichten wie die beiden oberen, im westlichen dagegen vorherrschend aus Kalksteinen. In Folge der häufig gleichen petrographischen Zusammensetzung der diese drei Horizonte bildenden Schichten, ist es nicht möglich eine scharfe Grenze zwischen ihnen zu ziehen, besonders da an Stelle des Sandsteins im oberen und mittleren Horizonte sehr häufig Sand zuweilen auch Thon auftritt und der Sand öfter durch grössere Zunahme organischer Bestandtheile dunkel gefärbt wird. Kohlenflötze treten jedoch in jedem dieser drei Horizonte auf und bilden in einem jeden derselben eine Flötzgruppe, in der die einzelnen Flötze meist nur durch geringe Mittel von einander getrennt sind. Der Charakter der Flötze jeder Gruppe ist aber ein wesentlich verschiedener, so dass auch in technischer Hinsicht eine Trennung der Horizonte, oder wenigstens der Flötzgruppen, von Bedeutung ist.

Aus dem über den oberen Horizont Gesagten geht hervor, dass er zwar von den Stigmarienschichten petrographisch verschieden ist, durch das ausschliessliche Vorkommen dagegen von Stigmarienresten denselben sehr nahe steht. Auch in mancher anderen Beziehung ist er den Stigmarienschichten sehr ähnlich. Bei der Beschreibung der Stigmarienschichten war nachgewiesen worden, dass der Kalkstein mit Stigmarienresten beständig mit Sand und Thon wechsellagert, zwischen denen dann oft dünne Kohlenflötze auftreten. Im oberen Horizonte der kohlenführenden Etage vertritt die Stelle des Kalksteins der Sandstein mit Stigmarien, welcher jedoch bedeutend seltener als jener vorkommt. Der Sandstein geht in horizontaler Richtung ebenfalls beständig in Sand und Thon über, wobei jedoch fast immer ausser dem Sandstein im oberen Horizonte noch andere Sand und Thonschichten zwischen ihm und der untersten Kalksteinschicht auftreten, so dass er als das unterste Glied dieses Horizontes angesehen werden muss. Der gelbe und gelblichgraue thonige Sand mit

zwischenliegenden Kohlenflötzen, der im Schachte bei Bobriki angetroffen wurde, tritt sechs Werst westlicher beim Dorfe Kamenka (Kreis Bogorodizk Gouvernement Tula) als sehr fester weisser Sandstein mit Stigmarien auf. Bohrlöcher die 12 Werst weiter beim Dorfe Dedilowo (Kreis Bogorodizk) gemacht wurden, stiessen auf keinen Sandstein, sondern auf hellgelblichgrauen Sand. Noch sieben Werst weiter am Bache Bogutscharowka, unweit vem Dorfe Kireefka sieht man:

1) Dunkelgrauen Kalkstein ..... 1,4 Meter.
2) Grauen Thon ..... 0,5 »
3) Weissen sehr festen, ziemlich feinkörnnigen Sandstein mit einer grossen Anzahl sehr gut erhaltener Stämme von *Stigmaria ficoides* Brng. ..... 1,0 »

Im Gouvernement Kaluga tritt der Sandstein mit Stigmarien an sehr vielen Stellen unter dem untersten Kohlenkalkstein und ausserhalb der Südgrenze desselben zu Tage, so im Kreise Koselsk unter Anderem bei den Dörfern Popelewo, Matschino, Dudino und Tschalejewa. An letzterem Orte liegt er ganz am Wasser des Baches Drugusna, auf blaugrauem Thon. Ueber dem Sandstein liegt hier ebenfalls grauer Thon, welcher in geringer Entfernung von diesem Orte von grauem Kalkstein und der unteren Stigmarienschicht überlagert wird. Dasselbe Profil sieht man am Bache Nemerska beim Dorfe Naumowo im Kreise Meschtschowsk. Ein paar Faden mächtig tritt der Sandstein im Dorfe Brynj (Kreis Shisdra) zu Tage, wo er sehr gut erhaltene Stigmarienstämme enthält. Sechs Werst nördlich von Brynj beim Dorfe Guljzowa ist der Sandstein durch weissen und gelben Sand vertreten und noch vier Werst weiter nach Norden beim Dorfe Sjaglowa tritt er wieder als gelber Sandstein auf, über dem höher am Abhange die untersten Kalksteinschichten mit *Productus giganteus* sichtbar sind. Am Bache Popolta einem Zuflusse der Ressa gegenüber dem Dorfe Dubrowka (Kreis Mosalsk) sieht man folgendes Profil:

1) Grauer Kalkstein mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Endothyra globulus* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady.
2) Roth- und gelbgefleckter Kalkstein mit *Fusulinella Struvii* Möll., *Cribrostomum eximium* Eichw., *Archaediscus Karreri* Brady.
3) Grauer Kalkstein mit denselben Foraminiferen.
4) Blaugrauer Thon (untere Stigmarienschicht) ..... 2,0 Meter.
5) Grauer Kalkstein ..... 1,5 »
6) Grauer Thon ..... 0,5 »
7) Gelblichgrauer Sandstein.

A. Dittmar[1]) giebt auf seiner Karte des südwestlichen Theiles des Moskauer Beckens durch Punktirung eine Reihe Orte längs der Shisdra und ihren Zuflüssen Resseta und

1) Взглядъ на геогностическое строеніе Ю. З. окраины москов. к. угольн. басс. 1869.

Witebet an, wo er Quarzsand beobachtet hat und hält ihn für gleichalterig mit dem Stigmariensandstein, der bei der Hütte von Pesotschna[1]), nach Angaben, die er an Ort und Stelle erhalten hatte, in einem Schachte unter dem Kohlenkalk und unter grauem Thon und einem Kohlenflötz gefunden wurde. Die Annahme von Dittmar, dass der Quarzsand an der Schisdra, Witebet und Pesseta wahrscheinlich nur zerfallener Kohlensandstein ist wird bestätigt durch das Auftreten des Stigmariensandsteins bei Kolodesi und Sawki an der Schisdra, Dudino, Bobrowo am Bache Bobrowka etc.

Nördlich von Tula wurde der Stigmariensandstein beim Dorfe Ssemenowskoje in einem Bohrloch, dessen Profil weiter unten angeführt ist, angetroffen, desgleichen in einem Schachte beim Dorfe Kiewzy an der Oka. Ebenso wie im Tulaschen und Kalugaschen tritt auch im Gouvernement Rjasan an vielen Orten der Stigmariensandstein auf. In einem kleinen Versuchsschachte auf der Kohlengrube Tschulkowo im Kreise Skopin war folgendes Profil:

1) Tschernosem	0,36	Meter.
2) Brauner diluvialer Thon	1,07	»
3) Gelblichgrüner Sand (Aucellenschicht)	1,73	»
4) Grauer Thon und gelber und grauer Sand mit jurassischen Fossilien (untere Kelloway)	12,67	»
5) Grauer Kalkstein	0,71	»
6) Hellgrauer und weisser Sand	5,16	»
7) Dunkelgrauer Thon	2,04	»
8) Dunkelgrauer Thon und Sand abwechselnd	4,94	»
9) Kohle	0,18	»
10) Schwarzer Thon	0,44	»
11) Kohle	0,09	»
12) Grauer Thon	0,36	»
13) Kohle	1,24	»
14) Grauer Thon.		

In einem anderen nur 100 Meter östlicher gelegenen Schachte bestand ein Theil der Schicht (6), welche hier als hellgrauer und weisser Sand auftritt, aus festem weissen Sandstein. In der Umgegend von Murajewna im Kreise Dankow, 35 Werst südlich von Skopin, trifft man sehr häufig in den Schluchten grosse Blöcke (bis zu 2 Meter) dieses Sandsteins mit Abdrücken von Stigmarien und immer in grosser Anzahl. Barbot de Marny[2]) erwähnt derselben von hier aus zwei Schluchten und war der Ansicht, dass sie aus dem diluvialen Thon ausgewaschen seien, da sie bei den Bohrungen in jener Gegend nicht angetroffen

1) ibidem, Seite 48.

2) Записки минер. общ. 1872.

wurden. Tschtschurowskij[1]) beschreibt diesen Sandstein aus einer Schlucht beim Dorfe Kurbatowo (Kreis Skopin) und hielt ihn für devonisch. Desgleichen tritt der Sandstein etwa 12 Werst westlich von Tschulkowo zwischen den Dörfern Spasskoje und Kotschugury (Kreis Skopin) zu Tage und 16 Werst südöstlich von Murajewna beim Dorfe Epinetowa. An diesen Orten macht der Sandstein anfangs ganz den Eindruck von erratischen Blöcken, doch erwies es sich bei näherer Untersuchung, dass er hier in Blöcken verschiedener Grösse in demselben Sande, aus welchem er besteht, vertheilt liegt und hier keine zusammenhängende Schicht bildet. In derselben Weise wie hier wurde auch in Tschulkowo in einem Schachte der weisse Quarzsand unter dem Kohlenkalk theilweise als Sandstein mit breiten von Sand ausgefüllten Klüften angetroffen.

Einer der besten Aufschlüsse des in Rede stehenden Sandsteins ist am Bache Werda beim Dorfe Mschanki (Kreis Skopin), wo in ihm ein Steinbruch für Mühlsteine angelegt ist, hier sieht man:

1) Tschernosem ..... 0,4 Meter.
2) Braunen sandigen diluvialen Thon ..... 0,7 »
3) Hellgrauen Sand mit wellenförmigen Streifen aus dunklerem thonigem Sande 4,3 »
4) Weissen harten Sandstein ..... 1,3 »
5) Weissen Sand.

Der Sandstein bildet hier eine compacte nur wenig zerklüftete Schicht, geht aber in geringer Entfernung vom Steinbruch in weissen Quarzsand über, tritt jedoch in einiger Entfernung bei der Mündung des Baches Temenka in die Werda, als Sandstein wieder auf. Oestlich von Tschulkowo, in der Umgegend der Stadt Rjaschk tritt diese Schicht unterm Kohlenkalk ebenfalls mehrfach zu Tage, so in einer kleinen Schlucht beim Dorfe Petrowo. Auch in einem Versuchsschacht beim Dorfe Martschuki (Kreis Rjaschk), dessen Profil weiter unten gegeben ist, wurde sie angetroffen.

Aus allem über den Sandstein Gesagten geht hervor, dass er wohl selten eine grosse zusammenhängende Schicht bildet, sondern meist in mehr oder weniger ausgedehnten Nestern im Sand vertheilt liegt und mit diesem zugleich den oberen Horizonte der kohlenführenden Etage charakterisirt. Dies erklärt auch den Umstand, dass bei den Bohrungen in der Umgegend von Murajewna der Sandstein zufällig nicht angetroffen wurde. Berücksichtigt man noch, dass die Sandsteinblöcke an diesem Orte nie vereinzelt gefunden worden sind, wie es bei diluvialem Geschiebe der Fall sein müsste, sondern an jeder Fundstelle dicht bei einander in sehr grosser Anzahl, so ist die Ansicht Barbot de Marny's über ihren Ursprung hier nicht zulässig.

Die Kohlenflötze des oberen Horizontes liegen alle über dem Sande mit den Stigmariensandsteinen, zwischen grauem Sand und grauem Thon. Ihr Verhalten ist sehr ähnlich den Flötzen in den Stigmarienschichten, indem sie ebenso wie diese meist von geringer Mächtigkeit sind und keine grösseren continuirlichen Schichten bilden, sondern nur nesterförmig,

1) Извѣстія Общ. любит. естествоиспытанія при Московскомъ университетѣ 1871. VIII часть I.

in sehr wechselnder Anzahl, auftreten und sich gewöhnlich rasch nach allen Seiten auskeilen. In dem früher angeführten Profil vom Schachte Elisabeth der Levina Grube (siehe Seite 27) gehört zu diesem Horizonte das Kohlenflötz (7). Dieses Flötz keilt schon nach weniger als 64 Meter nach allen Seiten vom Schachte aus und wurde bisher dort nirgends wieder angetroffen. Desgleichen sind die 4 schwachen Flötze im Schachte von Bobriki (siehe (12), (14) und (15) Profil Seite 28) nur an diesen Punkten angetroffen worden, während sie in den zunächst gelegenen Bohrlöchern fehlen. Auf der Kohlengrube von Tschulkowo wurden durch die sorgfältigen dort ausgeführten Bohrungen nur in wenigen Bohrlöchern im oberen Horizonte ein bis zwei sehr schwache Kohlenflötze gefunden, die stets nur einen geringen Flächenraum einnehmen und meistens in den benachbarten 50 bis 100 Faden entfernten Bohrlöchern fehlen.

Sehr gut aufgeschlossen sind die Schichten des oberen Horizontes im obersten Laufe der Pronja an der Grenze der Gouvernements Rjasan und Tula, zwischen den Dörfern Ssobakino und Gremjatscheje. Der gelbe weiche Sandstein, der im Profile aus letzterem Orte angeführt wurde, bildet hier fast auf der ganzen Strecke das Bett des Flusses.

Beim Dorfe Ssobakino ist zu sehen:

1) Tschernosem	0,1	Meter.
2) Brauner sandiger diluvialer Thon	1,6	»
3) Grauer Thon	1,4	»
4) Kohle	0,05	»
5) Grauer Thon und Sand	0,6	»
6) Kohle	0,13	»
7) Grauer Thon	0,13	»
8) Kohle	1,8	»
9) Grauer Thon	1,4	»
10) Gelber weicher Sandstein über	1,5	»

An diesem Orte ist ein Versuchstollen getrieben worden und sollen in der Nähe ein paar Bohrlöcher gemacht sein. Wie mir mitgetheilt wurde, soll das Flötz (8), welches hier so mächtig auftritt, sich in geringer Entfernung von Flusse bedeutend abschwächen. Von Ssobakino die Pronja flussabwärts enthält der obere Horizont noch an vielen Stellen ein bis zwei Kohlenflötze, wobei zwischen diesen Orten aber wiederum eine Reihe anderer Aufschlüsse vorkommen, in denen keine Flötze beobachtet werden konnten. Am deutlichsten zeigte sich der Charakter der Flötze des oberen Horizontes bei den Untersuchungsarbeiten, welche nordwestlich von Tula bei den Dörfern Ssalkowa, Ssemenowskoje, Roshestweno und Ssamylenka ausgeführt worden sind. In der Nähe des Dorfes Ssalkowa 15 Werst nach Nordosten von Tula sind zwei Schächte und zwei Bohrlöcher gemacht worden. An zwei Stellen wurden hier im oberen Horizonte zwei schwache Kohlenflötze von 0,2 Meter Mächtigkeit angetroffen, an den beiden anderen dagegen nur je eines. — In dem, blos eine halbe

Werst südlich von diesen gelegenen Bohrloch von Ssemenowskoje, dessen Profil weiter unten gegeben ist, treten im oberen Horizonte wiederum sechs Flötze auf, von denen das dritte 1,1 Meter Mächtigkeit erreicht. Acht Werst östlich von letzterem Bohrloch, im Bohrloch beim Dorfe Roshestweno wurde im oberen Horizonte ein 1,1 Meter starkes Flötz gefunden. Die übrigen Flötze dieses Horizontes aber von Ssemenowskoje fehlen dagegen hier. Beim Dorfe Ssamylenka 2 Werst südlich von Roshestweno, sind drei Bohrlöcher niedergestossen, die alle, trotz der geringen Entfernung von einander ganz verschiedene Flötze im oberen Horizonte zeigten. — Im Bohrloch II enthielt der obere Horizont blos 1 Flötz von 0,1 Meter; im Bohrloch IV, welches etwa 100 Meter vom vorhergehenden entfernt liegt war zwar ebenfalls nur 1 Flötz, das aber 1,3 Meter Mächtigkeit erreicht. Im Bohrloch III, welches vom Bohrloch IV blos eine halbe Werst liegt, sind wiederum drei Flötze gefunden worden. Dasselbe Resultat in Bezug auf die Unbeständigkeit der Flötze des oberen Horizontes ergaben auch nördlich von Tula die Bohrungen bei Sharki (Kreis und Gouvernement Kaluga) an der Oka und an demselben Flusse die Grubenbauten bei Kiewzy und Fomischtschewo im Kreise Alexin, Gouvernement Tula. Bei Sharki wurde im Bohrloch 6 nur wenige Centimeter unter dem untersten Kalkstein mit *Productus giganteus* ein schwaches Kohlenflötz erbohrt, welches aber in dem nur wenige Meter entfernten Bohrloch (4) fehlte.

Der nesterförmige Charakter der Flötze dieses Horizontes und der beständige, oft in sehr kurzen Intervallen stattfindende Wechsel in ihrer Mächtigkeit, gestattet nur ausnahmsweise sie abzubauen. Bisher werden nur auf der Kohlengrube von Hill bei der Station Jassenki der Moskau-Kursker-Bahn, im Schachte Magdalena, zwei Flötze dieses Horizontes abgebaut.

In diesem Schacht war folgendes Profil:

1) Brauner sandiger diluvialer Thon	5,86	Meter.
2) Gelber und brauner Thon und Sand mit dünnen Lagen Brauneisensteins	13,51	»
3) Weisser Sand	1,86	»
4) Kohle	0,18	»
5) Grauer und brauner Thon mit dünnen Lagen weissen Sandes	2,18	»
6) Kalkstein	2,04	»
7) Grauer Thon und weisser Sand	9,75	»
8) Kalkstein	0,53	»
9) Grauer Thon	0,44	»
10) Kohle	1,37	»
11) Grauer Thon	3,29	»
12) Kohle	1,24	»
13) Schwarzer Thon	1,78	»
14) Grauer und weisser Sand und Thon	24,13	»
15) Kohle	0,18	»

16) Grauer Thon ..... 1,60 Meter.
17) Kalkstein.

Die beiden Flötze (10) und (12) vereinigen sich 150 Meter nach Süden vom Schachte und sind dort zusammen nur wenige Centimeter stark. Tidelskiy[1]) sagt in seiner Beschreibung dieser Grube, dass die beiden Flötze sich nicht selten auf ganz geringe Entfernungen ändern, indem sie bald mächtiger bald schwächer werden, oder auch vollständig auskeilen. Er ist der Meinung, dass diese Flötze identisch seien mit denen, die 1 Werst nach Südosten im Schachte Barbara gebaut werden, wo folgende Schichten angetroffen werden:

1) Tschernosem und brauner sandiger diluvialer Thon ..... 3,20 Meter.
2) Rother Thon mit Brauneisenstein ..... 5,33 »
3) Kalkstein mit *Productus giganteus* Mart., *Productus striatus* Fisch., *Endothyra globulus* Eichw., *Endothyra parva* Möll., *Fusulinella Struvii* Möll., *Archaediscus Karreri* Brady, *Tetrataxis conica* Ehrenb., *Cribrostomum Bradyi* Möll., *Bradyina rotula* Eichw. ..... 12,80 »
4) Gelber Sand ..... 1,78 »
5) Kohle ..... 0,02 »
6) Weisser, gelber und grauer Sand und grauer Thon ..... 2,20 »
7) Kalkstein ..... 2,32 »
8) Grauer Thon und Sand ..... 3,47 »
9) Kalkstein ..... 4,27 »
10) Schwarzer Thon ..... 2,58 »
11) Kohle ..... 0,18 »
12) Schwarzer Thon ..... 0,09 »
13) Weisser fester Sand ..... 2,49 »
14) Grauer Thon und Sand ..... 16,19 »
15) Kohle ..... 0,18 »
16) Schwarzer und grauer Sand ..... 4,53 »
17) Kohle ..... 2,73 »
18) Grauer Thon ..... 0,18 »
19) Kohle ..... 0,94 »
20) Grauer Thon ..... 1,67 »
21) Kalkstein.

Vergleicht man die eben angeführten Profile der Schächte Magdalena und Barbara mit einander, so sieht man deutlich, dass das Flötz (11) der Barbara die Fortsetzung der Flötze (10) und (12) der Magdalena bildet und in Bezug auf seine Lage unter dem Kalkstein genau in die Mitte zwischen die beiden letzteren zu liegen kommt. Die Fortsetzung der Flötze (17) und (19) der Barbara ist das schwache Flötz 15 der Magdalena, indem die Sohle beider gegen 26 Meter unter den oberen Kohlenflötzen und auf derselben Höhe über dem

1) Горн. Журналъ 1881. Bd. III, S. 238.

hier auftretenden Kalkstein (17) resp. (21) liegen. Von diesem Flötz erwähnt Tiedelskiy, dass es, soweit die Grubenbauten im Schachte Barbara bisher vorgeschritten sind, sehr constant ist. Dasselbe gehört schon zum mittleren Horizont und ist dasjenige, welches auf allen übrigen Gruben im Moskauer Becken abgebaut wird.

Der eigentliche productive Horizont der kohlenführenden Etage ist der mittlere. Er besteht, wie schon gesagt, aus vorwiegend dunkelgefärbten Sand- und Thonschichten, die beständig mit einander wechsellagern. Der Thon, welcher stellenweise sehr rein ist, geht hierbei durch allmählige Aufnahme eines grösseren Procentgehaltes an Sand erst in thonigen Sand und schliesslich oft in ganz reinen Sand über. Sehr gut konnten derartige Uebergänge bei den ausgedehnten Grubenbauten in Tschulkowo beobachtet werden. In diesen Schichten liegen in einer von Süd nach Nord allmälig zunehmenden Teufe unter dem untersten Kalkstein mit *Productus giganteus*, gewöhnlich zwei, seltener bloss ein, oder bis drei, bauwürdige Kohlenflötze. Die mittlere Teufe des obersten bauwürdigen Flötzes unter dem Kalkstein beträgt auf den südlich von Tula gelegenen Gruben Malewka, Levina, Towarkowo, Bobrik am Don und in den in der Umgegend dieser Orte ausgeführten Bohrlöchern 7 bis 9 Meter; auf den etwas nördlicher gelegenen Gruben von Mochowoje, Kamenka, Snamenskoje $8^1/_2$ bis 11 Meter, doch schwankt sie oft auf geringe Entfernung recht bedeutend und zwar von 7 bis 14 Meter. Diese Schwankungen werden hervorgerufen durch die grössere oder geringere Mächtigkeit der Schichten des oberen Horizontes. In den meisten Fällen ist die Entfernung der Flötze vom Kohlenkalk an den Punkten, wo im oberen Horizonte Flötze auftreten, bedeutend grösser, als dort, wo sie fehlen. Auf der Kohlengrube von Lewina beträgt die Teufe meist 7 Meter, nur beim Schachte Elisabeth, dem einzigen, wo ein Flötz im oberen Horizonte gefunden wurde, erreichte sie 10,5 Meter. In Bobriki liegen die bauwürdigen Flötze im Schachte I 10,2 Meter unter dem Kohlenkalk, hier treten mehrere schwache Flötze im oberen Horizonte auf, im Bohrloch 4 dagegen, welches 1280 Meter vom Schachte entfernt liegt und in dem zwischen ihm und dem Schachte gelegenen Bohrloch 9 fehlen die Flötze im oberen Horizonte und hier liegen die bauwürdigen Flötze blos 7 Meter unter dem Kohlenkalk. Auf der Kohlengrube von Dedilowo beträgt die Teufe gegen 14 Meter, es fehlen zwar hier die Flötze des oberen Horizontes, doch ist letzterer mächtiger als an den vorhererwähnten Orten entwickelt.

Das Bohrloch (3) ergab hier folgendes Profil:

1) Tschernosem	0,71	Meter.
2) Brauner sandiger Thon	10,4	»
3) Gelber Sand	3,55	»
4) Gelber Thon	1,24	»
5) Kohle	0,09	»
6) Gelber Sand und grauer Thon	1,60	»
7) Brauneisenstein	1,07	»
8) Kalkstein	0,93	»

9) Grauer und gelber Thon	1,46	Meter.
10) Kalkstein	1,51	»
11) Gelber Thon mit Lagen gelben Sandes	1,95	»
12) Hellgelblichgrauer Sand	6,40	»
13) Grauer Sand	4,23	»
14) Grauer Thon	2,26	»
15) Kohle	2,84	»
16) Grauer Thon, nicht durchbohrt.		

Der hellgelblichgraue Sand (12) entspricht dem Sandstein mit Stigmarien, wie dies Seite 45 bei Anführung des Profils von Kireefka schon erwähnt wurde.

Nördlich von Tula sind bisher sehr viel weniger Bohrungen ausgeführt worden, da die bedeutendere Mächtigkeit des Kalksteins den Untersuchungsarbeiten grössere Schwierigkeiten entgegen stellt. Eines der besten Profile hier ergab das 15 Werst nördlich von Tula auf dem Lande der Bauern des Dorfes Ssemenowskoje (Kreis Tula) gemachte Bohrloch, mit welchem alle in dieser Gegend auftretenden Schichten bis zu den bauwürdigen Flötzen durchsunken wurden. Leider ist aber dieses Bohrloch, noch bevor das Liegende der kohlenführenden Etage erreicht wurde, eingestellt worden.

In diesem Bohrloch fand sich:

1) Dammerde	0,27	Meter.
2) Diluvialer Thon mit Feuersteingeröll	7,24	»
3) Schwarzer und dunkelvioletter schiefriger Thon mit dünnen Kalksteinlagen	5,42	»
4) Kalkstein	41,59	»
5) Schwarzer Sand	0,18	»
6) Kohle	0,18	»
7) Schwarzer Sand und grauer Thon	1,42	»
8) Kalkstein	1,38	»
9) Schwarzer Sand und grauer Thon	1,51	»
10) Kohle	0,13	»
11) Schwarzer Sand und grauer Thon	0,36	»
12) Kohle	0,53	»
13) Schwarzer Sand und grauer Thon	2,35	»
14) Kohle	1,07	»
15) Schwarzer Sand	2,40	»
16) Kohle	0,13	»
17) Grauer Thon	1,07	»
18) Kohle	0,31	»
19) Grauer Thon	0,31	»
20) Kohle	0,10	»
21) Grauer Thon	1,64	»

22) Hellgrauer Sandstein	1,55	Meter.
23) Hellgrauer Sand	0,62	»
24) Schwarzer Sand und grauer Thon	8,89	»
25) Kohle	2,22	»
26) Schwarzer Thon	0,27	»
27) Kohle	0,62	»

28) Grauer Sand und Thon nicht durchbohrt.

Die Schicht (3) entspricht dem schwarzen schiefrigen Thon über dem Trigonaliskalk. Der Kalkstein (4) besteht aus dem Trigonaliskalk, dem Kalkstein mit *Productus striatus* und der oberen Stigmarienschicht. Diese drei Kalksteine treten hier allenthalben in den nächsten Flussthälern zu Tage und wurden in einem, nur wenige Werst von hier entfernten, nicht beendeten Schachte, beim Dorfe Warfolomejewo, zum grössten Theil durchteuft. Die obere Stigmarienschicht besteht in dieser Gegend fast immer aus Kalkstein, der mit Stigmarienresten ganz angefüllt ist. Die Sand und Thonschichten (5) und (7) mit dem Kohlenflötz (6) bilden die untere Stigmarienschicht. Gleich unter der letzten Kohlensteinlage, nur durch eine Schicht aus Thon und Sand von 1,5 Meter Mächtigkeit von ihr getrennt, treten hier in geringem Abstande von einander sechs meist schwache Kohlenflötze auf, von denen nur das Flötz (14) 1,1 Meter erreicht und möglicher Weise bauwürdig ist. Unter diesen Flötzen liegt Sandstein und erst in einem Abstande von 12,7 Meter unter dem untersten der vorerwähnten Flötze erscheinen wieder zwei Flötze (25) und (27) dicht bei einander. Der Sandstein (23) ist der Sandstein mit Stigmarien des oberen Horizontes; während aber südlich von Tula höchstens ein oder zwei Kohlenflötze über ihm aufsetzen und die Mächtigkeit dieses Horizontes meist eine unbedeutende ist, wird dieselbe nach Norden zu stärker und enthält öfter eine grössere Anzahl Flötze. Berücksichtigt man die Lage des bauwürdigen Flötzes (26) unter dem Sandstein und denkt sich die oberen schwachen Flötze fort so erhält man genau dasselbe Profil, wie es die Schächte und Bohrlöcher südlich von Tula ergaben. Es ist daher unzweifelhaft, dass die Flötze (25) und (27) von Ssemenowskoje die Fortsetzung der beiden bauwürdigen Flötze von Mochowoje, Bobriki, Levina etc. sind. Weiter nach Norden an der Oka in der Nähe der Stadt Alexin, bei dem Dorfe Kiewzy und Fomischtschewo wurden eine Reihe Bohrungen und Versuchsschächte gemacht, durch welche dieselben beiden bauwürdigen Flötze von Ssemenowskoje in derselben Tiefe unter dem Kalkstein aufgeschlossen wurden.

So ergab der Schacht Elisabeth bei Kiewzy, am Abhange des rechten Ufers der Oka, 54 Meter über dem mittleren Wasserstande daselbst gelegen, folgendes Profil:

1) Brauner sandiger Thon	7,47	Meter.
2) Grüner und brauner Thon mit Feuersteingeröll	4,98	»
3) Kalkstein mit *Productus striatus*	9,60	»
4) Grauer Thon mit Kohlenspuren	0,18	»
5) Dunkelgrauer und gelblichgrauer Kalkstein mit Stigmarien	4,79	»

6) Grauer Thon mit Kohlenspuren	0,18	Meter.
7) Gelber buntgefleckter und grauer Kalkstein	8,31	»
8) Grauer Thon mit Kohlenspuren	0,27	»
9) Kalkstein mit Stigmarienresten	1,07	»
10) Gelblichbrauner Sand	0,36	»
11) Kalkstein mit Stigmarienresten	0,53	»
12) Grauer Thon	0,18	»
13) Grauer und gelber Kalkstein	2,22	»
14) Gelber Sand	0,80	»
15) Grauer Thon	0,32	»
16) Kohle	0,09	»
17) Grauer und weisser Sand und Sandstein mit dünnen Lagen grauen Thones	9,64	»
18) Grauer Thon	2,44	»
19) Grauer Sand und Thon	10,08	»
20) Kohle	1,07	»
21) Grauer Sand und Thon	4,98	»
22) Kohle	1,95	»
23) Grauer Sand.		

Bis zum grauen Sand (17) sind die Schichten hier am steilen Ufer der Oka aufgeschlossen und sieht man, dass der graue Thon mit Kohlenspuren (4) und (6) in der oberen Stigmarienschicht liegt, zu der auch der Kalksteins (5) gehört. Die untere Stigmarienschicht besteht aus dem Thon mit Kohlenspuren (8), den beiden dünnen Kalksteinlagen (9) und (11) und dem Sand und Thon (10) und (12). Das obere der beiden bauwürdigen Flötze liegt hier 23,4 Meter unter der letzten Kalksteinschicht, also auf derselben Teufe wie in Ssemenowskoje. Die oberen über dem Sandstein liegenden Flötze von Ssemenowskoje fehlen hier, es wurde aber 313 Meter westlich in einem anderen Schachte ein Flötz wieder im oberen Horizonte angetroffen. Dreissig Werst oberhalb Kiewzy am rechten Ufer der Oka ergaben die Bohrungen beim Dorfe Sharki ganz dieselben Profile, wie in Kiewzy und betrug daselbst die Teufe der Flötze des mittleren Horizontes unter dem Kohlenkalk ebenfalls 24,2 Meter. Dasselbe Resultat zeigte auch das von Ramonowsky gemachte Bohrloch beim Dorfe Podmoklowo, am rechten Ufer der Oka gegenüber der Stadt Sserpuchow. Hier liegen 20,6 Meter unter der untersten Kohlenkalkschicht:

1) Kohle	1,51	Meter.
2) Dunkelgrauer Thon	0,71	»
3) Kohle	1,42	»
4) Dunkelgrauer Thon	1,95	»
5) Kalkstein (devonischer?).		

Auch hier fehlen die schwachen Flötze des oberen Horizontes.

Aus dem bisher Gesagten ergiebt sich deutlich, dass im Gouvernement Tula von Süd nach Nord, angefangen von Malewka bis Alexin und Sserpuchow auf einer Strecke von 153 Werst, sich ununterbrochen ein und dieselben zwei bauwürdigen Kohlenflötze im mittleren Horizonte der kohlenführenden Etage hinziehen. Nördlich von Sserpuchow im Gouvernement Moskau, scheinen sich diese Flötze jedoch bald abzuschwächen und sind in den Bohrlöchern von Yerino bei Podolsk und in Moskau nur wenige Centimeter stark angetroffen worden. Eine gleiche Anzahl bauwürdiger Kohlenflötze wie im Gouvernement Tula tritt auch östlicher, im Gouvernement Rjasan, im mittleren Horizonte auf und zwar unter ganz denselben Verhältnissen und auf derselben Teufe unter dem Kalkstein mit *Productus giganteus*. In dem früher (Seite 46) angeführten Profil vom Versuchsschacht in Tschulkowo fand man das oberste bauwürdige Kohlenflötz 13,2 Meter unter dem Kalkstein. Ein Vergleich dieses Profils mit dem vom Bohrloch III aus Dedilowo gegebenen, oder mit folgendem der Grube Mochowoje ergiebt deutlich die Identität der Flötze.

Im Bohrloch 22 in Mochowoje zeigte sich:

1) Tschernosem	0,71	Meter.
2) Brauner sandiger Thon	4,27	»
3) Gelber Sand und weisser Thon	9,95	»
4) Kalkstein	0,18	»
5) Grauer Sand und Thon	7,64	»
6) Kalkstein	4,63	»
7) Grauer Thon	6,76	»
8) Kalkstein	1,33	»
9) Hellgrauer Sand	5,87	»
10) Grauer Thon	2,57	»
11) Kohle	0,27	»
12) Grauer Thon	2,93	»
13) Kohle	2,17	»
14) Grauer Thon	0,04	»
15) Kohle	1,24	»
16) Grauer Thon.		

Hier ist (5) die obere, (7) die untere Stigmarienschicht, (9) der Sand mit den Sandsteinen des oberen Horizontes, das Flötz (13) ist dasselbe wie (13) im Profil von Tschulkowo. Unter diesem Flötz folgen in Tschulkowo noch zwei Flötze, von denen das unterste mit dem unteren im Gouvernement Tula identisch ist.

Die Grube von Tschulkowo ist die östlichste im Moskauer Becken, doch wurden weiter nach Osten im Kreise Rjaschsk mehrfach Versuchsbauten und Bohrungen ausgeführt, so unter Anderem beim Dorfe Martschuki, wo ein Versuchsschacht, nach Angabe des Bergingenieurs A. Klim, folgendes Profil ergab:

1) Tschernosem	1,07	Meter.
2) Rothbrauner sandiger Thon	7,11	»
3) Geröll aus eisenschüssigem Sandstein	0,89	»
4) Weisser Thon	0,53	»
5) Gelber und rother Sand	12,09	»
6) Grauer Thon und Kalkstein	4,27	»
7) Hellgrauer Sand	4,98	»
8) Eisenschüssiger Sandstein und rother Thon	1,95	»
9) Schwarzer Sand und grauer Thon	5,16	»
10) Kohle	1,60	»
11) Schwarzer Thon	3,74	»

Der Kalkstein (6) ist die unterste Schicht des Kalksteins mit *Productus giganteus*, sie tritt hier an den Abhängen der Bäche und Schluchten, zugleich mit dem den oberen Horizont der kohlenführenden Etage charakterisirenden hellgrauen Sand (7) und Sandstein (8) vielfach zu Tage. Das Flötz (10) liegt hier 12 Meter unter dem Kalkstein, also ebenso wie in Tschulkowo, Mochowoje etc., es bleibt aber ungewiss ob das untere Flötz in dieser Gegend auch noch vorhanden ist.

Zwischen Tschulkowo und der Grenze des Gouvernements Tula, 35 Werst nach Nordwesten von ersterem wurde beim Dorfe Agaljewo am Bache Kerdj in einem Schachte auf derselben Teufe wie in Bobriki, (7,8 Meter) unter dem Kalkstein, ein Flötz von 1,5 Meter Mächtigkeit gefunden und über demselben nur 1,5 Meter unter dem Kalkstein ein anderes von 1,8 Meter, welches eine weiche unreine Kohle enthielt und zu den Flötzen des oberen Horizontes gehört.

Im Gouvernement Kaluga sind nur wenige Untersuchungsarbeiten auf Kohle ausgeführt worden, doch auch hier sind bei den Dörfern Selenino in der Nähe von Lichwin, Burnaschewo, (Kreis Koselk) dessen Profil weiter unten angeführt ist, Buda (KreisSchisdra) bauwürdige Flötze bekannt, deren genauere Lagezum Kohlenkalk zwar nicht festgestellt werden konnte, da derselbe an diesen Orten fehlt, aber in Burnaschewo in Folge seiner Lage zum Kalkstein des unteren Horizontes der kohlenführenden Schichten, zum mittleren Horizonte gehören muss. Bis zur Stadt Lichwin jedoch, durch das ganze Gouvernement Tula und den westlichen Theil des Gouvernements Kaluga, kann man die beiden bauwürdigen Flötze Schritt für Schritt, sowohl mit Hülfe natürlicher Aufschlüsse, als durch Bohrungen und Schächte, welche im Laufe der Zeit hier gemacht worden sind, verfolgen, also auf eine Strecke von mehr als 250 Werst.

Die Mächtigkeit des oberen bauwürdigen Kohlenflötzes des mittleren Horizontes beträgt durchschnittlich im Gouvernement Tula 2 bis 3 Meter wird aber an einzelnen Punkten sehr viel grösser. So z. B. erreicht sie stellenweise in Malewka 5 Meter, in Bobriki 3,5 Meter und in Mochowoje zwischen den Schächten I und III gar 7,8 Meter. Im Gouvernement Rjasan beträgt sie meist weniger als 2 Meter, erreicht aber auch hier in Tschulkowo

stellenweise über 3,5 Meter. Das untere Flötz ist durchschnittlich 1 Meter stark, schwankt aber auch zwischen 0,4 und 2,5 Meter, letztere erreicht es jedoch sehr selten.

Der Abstand des oberen vom unteren Flötze ist sehr grossen Wechseln unterworfen. In Malewka, Lewina, Tschulkowo, Bobriki, Mochowoje beträgt er meist nur 0,04 bis 0,4 Meter, ändert sich aber auf ziemlich geringe Entfernungen oft recht bedeutend. Im Schacht (I) von Bobriki betrug er nur 0,4 Meter, im Bohrloch (4) derselben Grube dagegen 1,2 Meter. In Mochowoje beträgt das Mittel meist nur 0,09 Meter, erreicht aber beim Bohrloch (18) ziemlich plötzlich eine Mächtigkeit von 2,8 Meter. In dem früher (Seite 53) erwähnten Schacht von Kiewzy wird es sogar 5 Meter stark, schwächt sich aber auf einer Strecke von 313 Meter bis zu 0,3 Meter ab. Dasselbe sieht man auch auf der Grube von Tschulkowo im Rjasanschen Gouvernements, doch ist hier das Mittel durchschnittlich grösser.

Im Bohrloch (25) von Tschulkowo fand sich:

1) Kohle (oberes Flötz)	3,59	Meter.
2) Schwarzer Thon	0,58	»
3) Kohle	0,84	»
4) Grauer Thon	0,09	»
5) Kohle (unteres Flötz)	1,55	»

Im Bohrloch (35):

1) Kohle	0,44	»
2) Grauer Sand und Thon	1,15	»
3) Kohle	0,18	»
4) Schwarzer Thon	0,36	»
5) Kohle (oberes Flötz)	2,26	»
6) Schwarzer Thon	0,44	»
7) Kohle	0,98	»
8) Grauer Thon	0,98	»
9) Kohle (unteres Flötz)	0,89	»

In Tschulkowo erscheint zwischen dem oberen und unteren Flötz fast überall noch ein drittes stärkeres Flötz, welches im Gouvernement Tula fehlt; nur in Bobriki wurde ein ähnliches Flötz im Bohrloch (4) beobachtet. Dieses Flötz ist aber ebenso wie die schwachen Flötze (1) und (3) im Bohrloch (35) kein selbstständiges, sondern nur ein Theil des oberen Flötzes, welches sich häufig spaltet, in Folge dessen dasselbe örtlich nach einzelnen Richtungen hin, im Verhältniss zur steigenden Zahl der kleineren Flötze, schwächer wird. Einen gleichen Ursprung hat auch das Flötz (11) im oben angeführten Profil von Mochowoje.

Im grossen Ganzen haben die Kohlenflötze, wie das ein Blick auf die Karte zeigt und aus allem bisher Gesagten hervorgeht, ein allmäliges Einfallen nach Nord-Ost, doch ist dasselbe ein sehr geringes und beträgt nur 4,5 Minuten. Demnach müssen die Flötze für den einzelnen Ort im Grossen Ganzen als vollständig horizontal gelagert angesehen werden,

im Speciellen jedoch zeigen sie grosse Unregelmässigkeiten. Mulden und Sättel, meist von nicht bedeutender Grösse und Tiefe, wiederholen sich beständig, so dass nur selten einigermassen ebene Flächen vorkommen; einzelne Mulden erreichen eine Länge von 1000 Meter, während andere oft kaum 50 Meter lang sind.

Bedeutendere Verwerfungen kommen keine vor; kleinere sind meist nur in der Nähe von Flussthälern und Schluchten beobachtet worden, wobei sehr häufig die Flötze entsprechend den Biegungen der Oberfläche gebogen sind.

Ueberblickt man die Resultate aller im Laufe der Zeit im südlichen Theil des Moskauer Beckens ausgeführten Grubenbauten und Bohrlöcher, so sieht man, dass nur innerhalb des vom Kohlenkalk eingenommenen Raumes, oder höchstens dicht an der Grenze desselben, bauwürdige Kohlenflötze vorhanden sind, dass dagegen aber alle Versuche bisher, weiter nach Süden, ausserhalb des Kohlenkalks wirklich gute bauwürdige Flötze zu finden missglückt sind. Alle gegenwärtig in Thätigkeit befindlichen Gruben, nämlich im Gouvernement Rjasan: Tschulkowo und Pobedinka (Kreis Skopin), im Gouvernement Tula: Bobriki (Kreis Epifan), Lewina, Malewka, Towarkowo, Mochowoje, Stublenka (Kreis Bogorodizk), Jasenki (Kreis Krapiwna), Obidimo (Kreis Tula) und die zeitweilig eingestellten Gruben von Kamenka und Snamenskaja (Kreis Wenew) und Dedilowo (Kreis Bogorodizk) liegen innerhalb des Verbreitungsgebietes des Kohlenkalks, oder ganz dicht an seiner Grenze. Die Kohlengruben von Tschulkowo und Pobedinka grenzen dicht an einander und liegen in dem Raume, welcher von den beiden Zuflüssen des Baches Werda, der Brusna und der Pobedinka eingeschlossen wird. Dieser Raum ist etwa drei Werst breit. Der Kohlenkalk tritt nur auf einer kleinen Fläche an der Nordgrenze des zur Tschulkowo-Grube gehörenden Terrains, am Bache Brusna auf, im ganzen übrigen Theile fehlt er vollständig ebenso wie auf der südlicher gelegenen Grube von Pobedinka. Bauwürdige Kohlenflötze kommen hier nur in der Nähe der Grenze, in einer Entfernung von höchstens zwei und einhalb Werst von derselben vor. Weiter südlich jenseits des Baches Pobedinka und im südwestlichen Feldestheile der Tschulkowo Grube, sind schon in einer Entfernung von drei Werst vom Kohlenkalk keine bauwürdigen Flötze mehr angetroffen worden, und haben desgleichen alle in noch grösserer Entfernung ausgeführten Bohrungen kein besseres Resultat ergeben, so z. B. die Bohrungen bei den Dörfern Olschanki, Perki (Kreis Skopin), Sisjulino (Kreis Rannenburg). Nach Norden von Tschulkowo dagegen fand man in Sekirino und Michailowskoje dieselben bauwürdigen Flötze wieder. Ebenso wie Tschulkowo liegen auch die Kohlengruben von Malewka, Lewina und Towarkowo hart auf der Südgrenze des Kohlenkalks, welcher hier eine schmale Zunge nach Süden bildet, wobei seine Südgrenze sich längs dem rechten Ufer des Baches Uperta, einem rechten Zufluss der Upa, hinzieht. An der äussersten Südgrenze dieser Zunge liegt Malewka. Auf dem linken Ufer der Uperta gegenüber der Grube Towarkowo wurden noch in nächster Nähe vom Bache die bauwürdigen Flötze angetroffen; etwas weiter ab aber fehlen sie entweder vollständig, oder sind nur ganz schwach. Der Bergingenieur Tidelsky führte hier bei den Dörfern Isaewa, Beloserki, Mschischtsche, Lomowka, Olgina, Rogatschi und

Kusowka, die 5 bis 14 Werst von der Südgrenze des Kohlenkalks entfernt liegen eine Reihe Schürfungen aus und kam zum Resultat, dass hier nur stellenweise Spuren von Kohle vorkommen, während er bei den Orten Dubrowka, Pawlowka, Beresowka, die innerhalb der Verbreitungsgrenzen des Kohlenkalks liegen, zur Ueberzeugung kam, dass bauwürdige Flötze vorhanden sind. Von Seiten der Verwaltung der Malewka Grube wurden sowohl in den letzten Jahren, als auch schon früher beim Dorfe Paportka, dann zwischen den Dörfern Malewka und Michailowskoje, und in einem grossen Kreise in der Umgegend des letzteren Ortes eine bedeutende Anzahl Bohrlöcher ausgeführt zum Zweck, näher bei der Zuckerfabrik von Michailowskoje, brauchbare Kohlenflötze aufzufinden. In allen diesen Bohrlöchern wurden entweder gar keine, oder nur wenige Centimeter strake Kohlenflötze angetroffen. Innerhalb der Grenzen des Kohlenkalks wurden ausser den im Vorhergehenden schon angeführten Orten noch auf dem von den Städten Skopin, Wenew, Sserpuchow, Kaluga, Lichwin, Bogorodizk, eingeschlossenen Raume, dessen Centrum ziemlich genau Tula bildet, eine grosse Anzahl Bohrlöcher und Versuchsbauten ausgeführt, unter Anderem bei den Orten: Chitrowa, Schachowskoje (Sserebrjanyi Chutor), Mostowaja (Kreis Bogorodizk), Milenino und Sloboda (Kreis Krapiwna), Saljkowa (Kreis Tula), Warfolomejewo (Kreis Alexin), Petrowskoje (Kreis Tarussa Gouvernement Kaluga), in denen stets Flötze von 1,5 bis 2,8 Meter Mächtigkeit aufgeschlossen wurden. Ausserhalb der Grenze des Kohlenkalks liegen zwei Gruben Murajewna (Kreis Donkow) und Paweletz (Kreis Skopin) im Gouvernement Rjasan, welche längere Zeit in Betrieb waren. Die Grube von Paweletz wurde schon vor acht Jahren eingestellt, da es sich erwies, dass die dort auftretenden Flötze nur auf einem geringen Raume eine, für den Abbau genügende, Mächtigkeit hatten und sich bald nach allen Seiten hin abschwächten und auskeilten. Eine Anzahl Bohrlöcher, welche von den Eigenthümern der Paweletz-Grube in der Umgegend derselben und längs der Rjaschsk-Wjasma Bahn, zu beiden Seiten der Station Paweletz angelegt waren, ergaben ebenfalls ein ungünstiges Resultat, indem die Mächtigkeit der Flötze an den meisten Orten weniger als 0,7 Meter betrug. Die Kohlengrube von Murajewna 25 Werst südlich von Tschulkowo, welche in den Jahren 1870 und 1871 gleich nach Auffindung der Kohle daselbst, viel von sich reden machte, in Folge der ausgezeichneten Qualität ihrer Kohle, ist gegenwärtig fast eingestellt worden, nachdem dort während des 14-jährigen Bestehens, trotz sehr bedeutender Kapitalanlage, wenig mehr als 6 Millionen Pud Kohle, producirt worden sind. Die Grubenbauten und eine grosse Zahl sorgfältig ausgeführter Untersuchungen erwiesen, dass das Flötz dort inselförmig in mehreren kleinen getrennten Mulden auftritt, durchschnittlich nur eine Mächtigkeit von 0,1 bis 0,5 Meter hat und blos an einzelnen Stellen sich linsenförmig bis zu 2 Meter verstärkt. Dasselbe ergaben auch alle in grosser Anzahl um Murajewna herum innerhalb eines Umkreises von 15 Werst bei den Dörfern: Narischkina, Lipunowka, Sophijka, Miroslawschtschino, Studenki und Smejewka gemachten Bohrlöcher. Ein ähnliches Resultat ergaben die in den Jahren 1866 bis 1870 im Gouvernement Tula in der Nähe der Eisenbahnstation Ssumarokowo der Moskau-Kursker Bahn beim Dorfe Krassnyi Cholm (Kreis Krapiwna) ausgeführten Versuchsbauten.

In einem Schacht wurde hier ein Flötz von 1,1 Meter erschlossen, dagegen fand man in allen in der nächsten Nähe desselben angelegten Bohrlöchern die Mächtigkeit des Kohlenflötzes nur 0,3 bis 0,4 Meter stark.

Ausserhalb der Verbreitungsgrenzen des Kohlenkalks liegt auch die seit längerer Zeit schon verlassene Grube von Wjalino (Kreis Odojew), auf welcher im Anfange der vierziger Jahre, kurze Zeit hindurch, von Olivieri ein Versuchsbau betrieben wurde. Im Jahre 1850 beauftragte die Oberbergverwaltung den Oberstlieutenant Tomilow den Versuchsbau an diesem Orte wieder aufzunehmen und die horizontale Ausdehnung des Flötzes zu ermitteln. Helmersen[1]) revidirte 1852 die Arbeiten Tomilows und sagt, dass das Flötz an diesem Orte keine bedeutende Erstreckung habe.

Ausser an den genannten Orten wurden noch unter Anderem Versuchsbauten und Bohrungen ausgeführt im Gouvernement Rjasan bei Borowok und Swinuschki (Kreis Rjaschsk), Karpowka (Kreis Rannenburg), bei der Stadt Dankow (Kreis Dankow); im Gouvernement Tula bei den Dörfern Lipowka, Molodjenki und Butschalki (Kreis Epifan), Lesski (Kreis Krapiwna) etc., die meist nur ganz ungünstige Resultate ergaben, oder durch die es sich herausstellte, dass zwar an einzelnen Stellen Flötze von etwas grösserer Mächtigkeit vorhanden sind, dieselben aber nur eine sehr geringe Ausdehnung haben, in Folge dessen ihr Abbau sich nicht verlohnte. Zugleich war die Kohle an den meisten dieser Orte von sehr geringer Qualität. So wurden 12 Werst von Dankow vom Bergingenieur A. Klim auf dem Lande des Herrn Muromzew 4 Bohrlöcher niedergestossen.

Das Bohrloch 1 ergab folgendes Profil:

1) Tschernosem	1,10	Meter.
2) Brauner sandiger Thon	14,20	»
3) Weisser und gelber Sand	8,53	»
4) Grauer Thon	2,13	»
5) Grauer Sand	1,60	»
6) Grauer Thon	1,42	»
7) Weiche unreine Kohle	2,84	»
8) Schwarzer Thon	2,13	»
9) Gelber Thon	0,71	»
10) Kalkstein (devonisch).		

149 Meter von diesem Bohrloch wurde ein zweites gemacht in dem nur 0,4 Meter weiche Kohle gefunden wurde, während in zwei weiteren Bohrlöchern auf der entgegengesetzten Seite von 1 garkeine Kohle vorhanden war.

Aus allem hier über die Flötze des mittleren Horizontes Gesagten, ergeben sich folgende zwei Schlussfolgerungen als Resultat aller bisher in südlichen Theilen des Moskauer Beckens ausgeführten Untersuchungsarbeiten: 1) Dass innerhalb des vom Kohlenkalk einge-

1) Mémoires de l'Acad. de St. Petersbourg 1860 VII. T. III. № 9.

nommenen Raumes, wenigstens auf der oben schon genannten Fläche zwischen den Städten Skopin, Wenew, Sserpuchow, Kaluga, Lichwin, Bogorodizk, mit der grössten Wahrscheinlichkeit überall bauwürdige gute Flötze von mindestens 1,5 Meter Mächtigkeit vorhanden sind. Es kommen zwar auch auf diesem Raume, wie sich das bei den Bohrungen zwischen den Dörfern Bobriki und Kamenka (Kreis Epifan) und bei Obidimo (Kreis Tula) zeigte, Stellen vor, wo die Flötze auf kurze Strecken schwächer als 0,7 Meter werden, doch sind solche Stellen bisher nur sehr wenige bekannt.

Ob östlich von der Linie Skopin, Wenew, Sserpuchow die Wahrscheinlichkeit ebenso gross ist an den meisten Punkten innerhalb der Grenzen des Kohlenkalks bauwürdige Kohlenflötze im mittleren Horizont der kohlenführenden Etage zu finden, kann jetzt noch nicht mit genügender Sicherheit beurtheilt werden, da in diesen Theilen zu wenig Untersuchungsarbeiten ausgeführt worden sind. Bohrversuche bei Sheltuchino (Kreis Skopin) und Petrowo (Kreis Rjaschsk) sollen ungünstige Resultate ergeben haben, dagegen wurden bei Martschuki und Tschernawa (Kreis Rjaschsk) und bei Schtschelewa (Kreis Skopin) Kohlenflötze von 1,5 und mehr Meter Mächtigkeit gefunden. Desgleichen liegen zu wenig Angaben vor zur Beurtheilung, ob westlich von der Linie Kaluga Lichwin mit gleicher Wahrscheinlichkeit überall bauwürdige Flötze vorkommen, wie östlich von derselben, obwohl eine Reihe natürlicher Aufschlüsse wohl für die Annahme spricht. 2) Dass ausserhalb des vom Kohlenkalk bedeckten Raumes nur in nächster Nähe der Grenze des Kohlenkalks noch für den Abbau genügend mächtige Kohlenflötze angetroffen werden, dass dagegen schon wenige Werst von der Südgrenze entfernt die Kohlenflötze sich schnell auskeilen und weiterhin nach Süden keine continuirlichen Flötze mehr bilden, sondern nur noch inselförmig vorkommen. Die Flötze dieser an Ausdehnung meist unbedeutenden Inseln sind gewöhnlich von einer nur sehr geringen Mächtigkeit und haben die nur sporadisch vorkommenden Stellen, auf denen die Flötze mehrere Meter stark werden in den meisten Fällen eine zu kleine Fläche, um einen ernstlichen Abbau zu lohnen.

Auf dem in Rede stehenden Raume standen die Flötze des mittleren Horizontes, welche jetzt nur noch inselförmig auftreten, ebenso wie gegenwärtig dieselben Flötze auf der vom Kohlenkalk bedeckten Fläche, in einem unterbrochenen Zusammenhange, sind aber hier zur Zeit der Ablagerung der jurassischen Schichten, zu denen wahrscheinlich auch der gelbe Sand gerechnet werden muss, welcher den ganzen südlichen Theil der Gouvernements Rjasan, Tula und Kaluga bedeckt und unmittelbar unter den diluvialen Schichten liegt, zerstört worden, wobei nur die tiefer in den muldenförmigen Einsenkungen gelegenen Flötztheile erhalten blieben. Die Zerstörung der Carbonablagerungen wird mit zunehmender Entfernung nach Süden in dem Masse wie die devonischen Schichten sich dort erheben immer bedeutender. Es war schon (Seite 25) erwähnt, dass südlich von Tula die Kalksteine mit *Productus striatus* zum grössten Theile, während der Ablagerung des gelben Sandes zerstört wurden. Etwas südlicher, unter anderem bei Towarkowa und Malewka, ist dasselbe mit den Schich-

ten des untersten Horizontes des Kohlenkalks geschehen und sind hier nur vereinzelte Klippen desselben stehen geblieben. Noch weiter nach Süden sehen wir nun auch die Schichten der kohlenführenden Etage anfangs theilweise, weiterhin aber in den Kreisen Efremow, Tschern und Belew des Gouvernements Tula, wo das Devon sich sehr hoch erhebt, vollkommen zerstört und liegt hier der gelbe Sand unmittelbar auf dem devonischen Kalkstein, an welchem ebenfalls stellenweise eine Zerstörung desselben zur Jurazeit nachgewiesen werden kann. Aus der beschriebenen Thatsache folgt, dass die devonischen Schichten im südlichen Theil der Gouvernements Rjasan, Tula und Kaluga und im nördlichen der Gouvernements Tambow und Orel sich erst nach Ablagerung der Schichten der kohlenführenden Etage erhoben haben können und giebt dieselbe Raum zu der freilich etwas gewagten Hypothese, dass durch die Zerstörung der älteren Schichten zur Zeit der Jura auch die sehr wahrscheinlich einstmals vorhanden gewesene Verbindung zwischen den Kohlenbecken von Moskau und dem Donetz vernichtet worden ist. Sehr gut konnte die Zerstörung der Carbonbildungen durch den Jura bei den Grubenbanten in Murajewna beobachtet werden. In den tieferen Mulden sind hier noch stellenweise die Flötze ganz intact geblieben und werden von Kohlenthon bedeckt. Zum Rande der Mulde hin verschwindet zuerst der Thon und das obere Flötz wird beständig schwächer, wobei unmittelbar über der Kohle Sand und Thon auftreten, die jurassische Fossilien enthalten. Näher zum Rande liegen die letzteren anfangs auf dem Thon der das Mittel zwischen den Flötzen bildet, dann auf dem unteren Kohlenflötz und zuletzt auf dem Kalkstein der Malewka-Murajewna Etage.

Ueber das Vorkommen der Kohlenflötze im südlichen Theile des Beckens waren Semenow und Möller[1]) der Ansicht, dass dieselben zahlreich sporadisch zwischen den kohlenführenden Schichten lagern. Auch Romanowskij[2]) hatte sich 1863 in diesem Sinne, wenigstens bezüglich der östlich und südlich von Tula gelegenen Kohlenvorkommen ausgesprochen, auffallender Weise widerspricht er dem aber in einem ein Jahr darauf erschienenen Aufsatz,[3]) in welchem er die Schrift von Semenow nnd Möller einer Kritik unterwirft, ohne dafür neue Thatsachen auzuführen.

Der unterste Horizont der kohlenführenden Etage ist bisher noch am wenigsten bekannt. In Gouvernement Rjasan auf den Gruben von Tschulkowo und Paweletz besteht er aus ebensolchen grauen Sand- und Thonschichten mit eingelagerten Kohlenflötzen, wie der mittlere Horizont. In Tschulkowo ergab ein Bohrloch im Versuchsschacht (II), von der Sohle des oberen bauwürdigen Flötzes getrieben, folgendes Profil:

1) Grauer Thon	0,53	Meter.
2) Kohle (unteres Flötz des mittleren Horizontes)	0,36	»
3) Grauer Thon	0,71	»
3) Weisser Sand	0,53	»
4) Grauer Sand und Thon	13,87	»
6) Kohle	0,80	»

1) Bullet. de l'Acad. de St. Petersb. 1864. Bd. VII.
2) Памятная книжка для русск. горн. людей 1863.
3) Горн. Журн. 1864. Bd. II.

7) Grauer Sand und Thon ..... 3,20 »
8) Kohle ..... 0,58 »
9) Grauer Thon ..... 1,15 »
10) Kalkstein in dünnen Platten mit *Cythere tulensis* Sem. & Möll. *Chonetes nana* Vern. ..... 0,22 Meter.
11) Grüner Thon ..... 0,05 »
12) Kalkstein = (10).

In Paweletz (20 Werst westlich von Tschulkowo) fand sich im Bohrloch (4):

1) Gelber gestreifter Sand ..... 33,03 Meter.
2) Grauer Thon ..... 1,07 »
3) Weiche Kohle ..... 0,71 »
4) Grauer Sand und Thon ..... 5,51 »
5) Kohle (unteres Flötz des mittleren Horizontes) ..... 0,53 »
6) Grauer Sand und Thon ..... 7,47 »
7) Kohle ..... 0,18 »
8) Grauer Sand und Thon ..... 4,45 »
9) Kohle (unteres Flötz des unteren Horizontes) ..... 0,18 »
10) Hellgrauer Sand ..... 1,60 »
11) Fester gelber und grauer Kalkstein ..... 6,40 »
12) Hellgrauer Thon ..... 7,11 »
13) Kalkstein weisser und gelber (nicht durchbohrt) über ..... 16,00 »

Das Bohrloch (4) liegt sehr hoch am Abhange des kleinen Baches Temenka. Die geringere Mächtigkeit der Sand- und Thonschichten (6) zwischen dem unteren Flötze des mittleren Horizontes und dem oberen des unteren Horizontes ist eine zufällige und eine Folge der Lage des Bohrlochs am Abhange, wodurch ein Theil des hier sehr wasserhaltigen grauen Sandes ausgewaschen ist. Sehr deutlich zeigt dies ein senkrecht zum Bache Temenka durch die Bohrlöcher (1), (2), (3), (4) und Schacht (XII) angefertigtes Profil. Der Abstand zwischen den Flötzen des mittleren Horizontes und denen des unteren ist in den zunächst dem Bache gelegenen Bohrlöchern ein sehr geringer und vergrössert sich gleichmässig mit der grösseren Entfernung vom Bache. In Tschulkowo ist dasselbe beobachtet worden, hier nähern sich im Bohrloch (10), welches am Abhange des Baches Brusna liegt, die Flötze des mittleren und unteren Horizontes bis auf 2,5 Meter, indem fast aller Sand zwischen den Flötzen ausgewaschen ist. Der Kalkstein (11) von Paweletz ist derselbe wie der Kalkstein (10) von Tschulkowo, er tritt nicht weit von der Grube in der Sohle des Baches Temenka zu Tage und enthält in grosser Anzahl *Cythere tulensis* Sem. & Möll., *Spirifer inflatus* Schn., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Chonetes nana* Vern., *Rhynchonella Panderi* Sem. & Möll., *Megalodon suboblongus* Vern., *Arca* sp. (*oreliana* Sem. & Möll.), *Nucula lineata* Phill, *Pecten Helmerseni* Sem. & Möll., *Orthoceras Helmerseni* Pacht., *Aloeolites cf. suborbicularis* Goldf. Weiter westlich von Paweletz in Bobriki (Profil Seite 28) tritt schon 8,3 Meter unter dem unteren Flötz des mittleren Horizontes ein weicher gelblichweisser Kalkstein

(21) auf, der ein dünnes Kohlenflötzchen von 0,02 Meter enthält. Dieses Flötz liegt genau auf derselben Teufe unter dem unteren Flötz des mittleren Horizontes, wie in Tschulkowo, nämlich 15,5 Meter. Der Kalkstein (21) von Bobriki unterscheidet sich wesentlich von dem Kalkstein (10) von Tschulkowo und (11) von Paweletz, indem er weich ist, in dicken Lagen von 0,5 bis 0,7 Meter liegt und sehr arm an Fossilien ist, während der von Tschulkowo und Paweletz plattenförmig ist, von grauer oder brauner Farbe, sehr fest und aus dünnen Lagen von 0,005 bis 0,04 Meter Dicke besteht, die von Fossilien überfüllt sind und mit gleichstarken Lagen von grünem und braunem Thon abwechseln. Dieser dünngeschichtete Kalkstein ist äusserst charakteristisch und überall durch sein eigenthümliches Vorkommen leicht zu erkennen. Weiter unten wird er genauer besprochen werden. Nach Westen von Bobriki nimmt der weiche gelblichweisse Kalkstein noch mehr an Mächtigkeit zu, wobei in demselben Verhältniss die Sand- und Thonschichten unter dem unteren Flötz des mittleren Horizontes an Mächtigkeit abnehmen. In Malewka und Lewina liegt das letztere Flötz nur noch 2 bis 2,5 Meter über dem Kalkstein, in welchem auch hier wiederum, wie dies ein Aufschluss am Bache Malewka, in der Nähe des Hauses des Grubenverwalters zeigt, auf der nämlichen Teufe wie in Bobriki, ein dünnes Kohlenflötzchen vorkommt. An diesem Bache kann man deutlich sehen, dass der weiche gelblichweisse Kalkstein, über dem dünngeschichteten plattenförmigen Kalkstein mit *Cythere tulensis* liegt, worauf auch Romanowskij[1]) aufmerksam macht. Behufs Untersuchung dieses Kohlenflötzes wurde vom früheren Verwalter der Grube in Malewka, von der Sohle des unteren bauwürdigen Flötzes ein Gesenk[2]) abgeteuft und dasselbe auf einer Teufe von 16 Meter angetroffen, unter welchem, ein paar Meter tiefer, noch ein zweites ganz schwaches Flötz sich fand. Wir sehen hier demnach beide Flötze von Tschulkowo genau auf derselben Teufe auftreten. Auf der noch weiter nach Westen gelegenenKohlengrube von Hill in Jasenki wurde nach den Angaben Tidelskys[3]) in einem von der Sohle des Schachtes (VII) getriebenem Bohrloch folgendes Profil gefunden:

1) Kohle (unteres Flötz des mittleren Horizontes)	1,47	Meter.
2) Grauer Thon	0,69	»
3) Grauer Kalkstein	9,12	»
4) Grauer Thon	0,51	»
5) Grauer Kalkstein	1,80	»
6) Grauer Thon	0,15	»
7) Kohle	0,04	»
8) Grauer fester Kalkstein	18,94	»
9) Grauer kalkhaltiger Thon	0,91	»
10) Grauer Kalkstein	0,05	»

1) Горн. Журн. 1864. Bd. II.

2) Eine Beschreibung dieses Gesenkes ist von Helmersen im Bullet. de l'Acad. gegeben, ebenso von Leo in seiner Schrift «Die Steinkohlen Centralrusslands.»

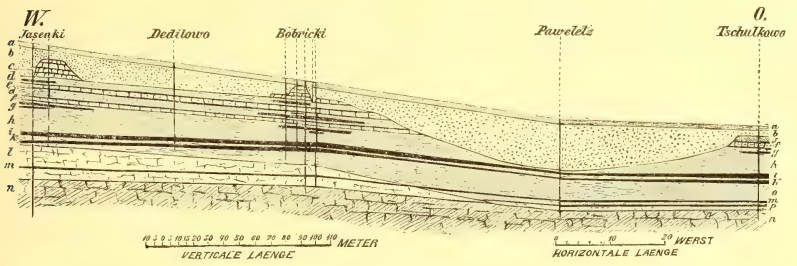
3) Горн. Журн. 1881 r. Bd. III. S. 239.

11) Grauer Thon	0,10	Meter.
12) Kalkstein	0,05	»
13) Grauer Thon	0,13	»
14) Grauer Kalkstein	1,96	»
15) Grauer Thon mit *Athyris Puschiana* Vern., *Rhynchonella* (*livonica* Tidelsky), *Panderi* Sem. und Möll.	1,98	»
16) Grauer fester Kalkstein		

Auch hier sieht man demnach auf einer nur wenig geringeren Teufe, als in Tschulkowo und Bobriki unter dem unteren Flötz des mittleren Horizontes ein dünnes Flötzchen in den Kalksteinschichten.

Südlich von Bobriki beim Dorfe Murawljanka am Don (Kreis Epifan) ist ebenfalls ein dünnes Kohlenflötzchen von 0,02 Meter Mächtigkeit in demselben weichen gelblichweissen Kalkstein aufgeschlossen.

In beifolgendem Längsprofil sind die auf Grundlage der Grubenbauten bei Tschulkowo, Paweletz, Bobriki, Dedilowo und Jasenki erhaltenen Resultate zusammengestellt.



In diesem Profil bedeuten: *a*, den diluvialen sandigen Thon, *b*, hellgelben gestreiften Sand mit Concretionen eisenschüssigen Sandsteins[1]), *I*, jurassische Schichten, *c*, Kalkstein mit *Productus striatus*, derselbe bildet bei Bobriki und Jasenki wie überhaupt südlich von

1) Das Alter dieses Sandes konnte bisher noch nicht genauer festgestellt werden, doch ist es sehr wahrscheinlich, dass derselbe zum grössten Theile zur Jura gehört. Barbot de Marny wies im Gouvernement Woronesh beim Dorfe Jandowischtsche die Ueberlagerung ganz eben solchen Sandes von Kreidebildungen nach, dasselbe habe ich in der Nähe der Stadt Sserpeisk (Gouvernement Kaluga) beobachtet. Bei Tschulkowo und in der Umgegend der Stadt Michailow (Gouvernement Rjasan) sieht man mehrfach einen allmäligen Uebergang vom gelben gestreiften Sand in den ihn unterlagernden dunkelgrünen glaukonithaltigen Sand, der *Aucella Mosquensis* Keys. enthält. In einem Theil des Gouvernements Kaluga und an der Oka zwischen den Städten Lichwin und Peremischl kommt in ähnlichem Sande diluviales Geschiebe in grösserer Menge vor. Daher ist es oft äusserst schwer diese beiden Schichten zu unterscheiden.

Tula nur isolirte Klippen mitten im Sande, wie dies früher schon (Seite 25 und 36) erwähnt wurde. *d*, obere Stigmarienschicht, die hier vorherrschend aus Sand und Thon besteht, welche nur bei Bobriki theilweise durch Kalkstein mit Stigmarienresten ersetzt wird. Bei Jasenki enthält diese Stigmarienschicht ein bis zwei Kohlenflötze. *d'*, untere Stigmarienschicht, welche ebenso wie die obere vorherrschend aus Sand- und Thonschichten gebildet wird und nur bei Bobriki theilweise auch aus Kalkstein besteht. *e*, ist der die Stigmarienschichten trennende graue Kalkstein. *f*, die unterste Kalksteinschicht des Schichtencomplexes mit *Productus giganteus*. *g*, nesterweise auftretende Kohlenflötze des oberen Horizontes. *h*, Sand- und Thonschichten des oberen und mittleren Horizontes der kohlenführenden Etage. *i* und *k*, oberes und unteres bauwürdiges Flötz des mittleren Horizontes. *o*, Sand- und Thonschichten des unteren Horizontes der kohlenführenden Etage, welche die beiden Kohlenflötze *m* und *p* enthalten. *l*. der Upakalk mit demselben Flötz *m* wie die Sand und Thonschichten. *n* der plattenförmige Kalkstein mit *Cythere tulensis* der Malewka-Murajewna Etage.

Der gelblichweisse weiche Kalkstein, in welchem das dünne Kohlenflötzchen lagert, ist im Ganzen arm an Fossilien; er tritt im mittleren Theile des Gouvernement Tula fast am ganzen Laufe der Upa und vieler ihrer Zuflüsse unter den Sand- und Thonschichten des mittleren Horizontes zu Tage, und sieht man vielfach unter ihm dieselben dünngeschichteten fossilienreichen plattenförmigen Kalksteine mit *Cythere tulensis*, welche in den Profilen von Paweletz und Tschulkowo erwähnt werden, hervortreten. Da der in Rede stehende Kalkstein am besten an der Upa beobachtet werden kann, so soll er im Folgenden zur Unterscheidung von den anderen Kalksteinen als Upakalk bezeichnet werden. Einer der besten Aufschlüsse ist beim Dorfe Lisji Prijary am linken Ufer der Upa (Kreis Krapiwna Gouvernement Tula), hier sieht man folgendes Profil:

1) Grauer thoniger Sand.
2) Grauer Thon.
3) Kohle.
4) Grauer Thon } zusammen gegen 2,8 Meter.
5) Kohle }
6) Grauer Thon.
7) Ockergelber eisenschüssiger Sandstein mit *Lepidodendron Veltheimianum* Strnbg.
8) Grauer Thon und Sand 0,4 Meter.
9) Weicher gelblichweisser von senkrechten Kanälen durchzogener Kalkstein.

Die Schichten (1) bis (6) waren in einer kleinen Schlucht dicht am Flusse aufgedeckt, am Flusse selbst die Schichten (6) bis (9). Unter dem Kalkstein (9) fand Jeremejew[1]) noch dünngeschichteten Kalkstein mit Cytherinen, Fischzähnen, Steinkernen von *Productus* und *Euomphalus*, *Terebratula livonica* (*Rhynchonella Panderi*, Sem. & Möll.), *Athyris Puschiana* Vern., *Spirifer muralis* (*Spiriferina octoplicata* Sow.), *Syringopora sp.* Jeremejew führt

1) Горный журналъ 1853. Bd. III Seite 375.

noch eine Reihe weiterer Profile an der Upa an, wobei er stets den weichen gelben Upakalk von dem ihn unterlagernden dünngeschichteten Kalkstein mit *Cythere tulensis* trennt.

Obwohl der Upakalk meist arm an Fossilien ist, so kommen in ihm doch stellenweise etwas reichere Bänke vor, wie z. B. gegenüber dem Dorfe Nowoje (Kreis Tula) am rechten Ufer der Upa mit: *Spirifer glaber* Mart., *Athyris Puschiana* Vern., *Orthis resupinata* Mart., *Chonetes nana* Vern., *Chonetes cribrosa* Eichw., *Productus Panderi* Auerb., *Conocardium alaeforme* Sow. Die oberen Lagen des Aufschlusses bei Malewka enthielten *Rhynchonella Panderi* Sem. & Möll., *Athyris Puschiana* Vern., *Chonetes Laguessiana* Kon., *Productus Panderi* Auerb., *Phanerotinus cristatus* Phill., *Michelinia megastoma* Phill., beim Dorfe Alexejewka in einer Schlucht am linken Ufer der Uperta in grosser Anzahl *Productus fallax* Pand., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Spirifer glaber* Mart., *Athyris Puschiana* Vern., *Athyris pectinata* Sem. & Möll., *Productus Panderi* Auerb.

Folgende Fossilien konnten bisher im Upakalk erkannt werden:

Bairdia curta M'Coy.
Orthoceras planiseptatum Sandb.
Cyrthoceras Gesneri Mart.
Pleurotomaria cingulata Goldf.
Macrocheilus ventricosus Hall.
Capulus vetustus Kon.
Phanerotinus cristatus Phill.
Euomphalus Dionysii Mntf.
» *cochleatus* Sem. & Möll.
» *minutus* Kon.
» *transiens* Kon.
Conocardium alaeforme Sow.
Terebratula bursa Eichw.
Spirifer glaber Mart.
» *inflatus* Schn.
Spiriferina octoplicata Sow.
Athyris pectinata Sem. & Möll.
» *Puschiana* Vern.
Retzia tulensis Pand.
Rhynchonella Panderi Sem. & Möll.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Productus fallax Pand.
» *Panderi* Auerb.
Chonetes cribrosa Eichw.
» *Laguessiana* Kon.
» *nana* Vern.
Michelinia megastoma Phill.
Syringopora distans Fisch.
» *reticulata* Goldf.

Foraminiferen fehlen vollständig.

Unmittelbar über diesem Kalkstein tritt im östlichen Theile des Gouvernement Kaluga am Bache Tscherepetj (rechter Zufluss der Oka) im Lichwinschen Kreise bei den Dörfern Tschernyschina, Snamenskoje, Balewa und bei der Stadt Lichwin, desgleichen am unteren Laufe des Baches Sserena bei Griwa, Burnaschewo und Gorodez (Kreis Koselsk) eine kaum 1,5 Meter mächtige Bank auf, die sehr reich an Fossilien ist und eine eigenthümliche Fauna enthält. Bei Burnaschewo am linken Ufer der Sserena sieht man folgendes Profil:

1) Humusboden ..... 0,2 Meter.
2) Brauner sandiger diluvialer Thon ..... 5,7 »
3) Weisser und gelber gestreifter Sand ..... 7,1 »

4) Grauer Thon ..... 2,8 Meter.
5) Kohle ..... 1,6 »
6) Grauer Thon ..... 1,1 »
7) Eisenschüssiger Sandstein, die unterste Lage reiner Brauneisenstein . . 0,6 »
8) Gelber ziemlich weicher Kalkstein mit: *Spiriferina octoplicata* Sow., *Spirifer centronatus* Winch., *Spirifer glaber* Mart., *Syringothyris cuspidata* Sow., *Chonetes Laguessiana* Kon., *Euomphalus Dionysii* Montf., *Syringopora parallela* Fisch., *Michelinia megastoma* Phill., *Phillipsia pustulata* Schlth.
9) Weicher gelber Kalkstein.

Am Tscherepetj bei den Dörfern Snamenskoje und Tschernyschina sind die Kalksteine (8) und (9) dieses Profils aufgeschlossen und stammen fast alle weiter unten im Verzeichniss aufgeführten Fossilien aus diesen Orten. In einem kleinen Schacht, welcher etwas oberhalb der Steinbrüche gegenüber Tschernyschina am linken Ufer des Baches Ljutimka (rechter Zufluss des Tscherepetj) abgeteuft war, wurden fast dicht über dem Kalkstein zwei bauwürdige Flötze angetroffen, welche den bauwürdigen Flötzen des mittleren Horizontes entsprechen. Der Kalkstein mit *Productus giganteus* fehlt hier, doch tritt er nur wenige Werst oberhalb Tschernyschina, sowohl am Tscherepetj, wie an der Ljutimka, über den Schichten der kohlenführenden Etage zu Tage. Es kann demnach kein Zweifel über die Lage des in Rede stehenden Kalksteins sein, besonders da unterhalb Burnaschewo an der Sserena unmittelbar unter dem Kalkstein (9) der dünngeschichtete Kalkstein mit *Cythere tulensis*, welcher in den Profilen von Paweletz, Lisji Prijary etc. erwähnt wurde, hervortritt.

Die meisten Fossilien aus dem Kalkstein von Tschernyschina und Gorodez waren schon seit den Reisen von Helmersen und Olivieri in den vierziger Jahren bekannt und von Eichwald in seiner «*Lethanea rossica*» beschrieben, doch war das Alter derselben bisher nicht sicher festgestellt worden, sondern meist angenommen, dass sie zum Schichtencomplex mit *Productus giganteus* gehören. Folgende Fossilien sind in diesem Kalkstein gefunden:

Phillipsia pustulata Schlth.
» *Eichwaldi* Fisch.
Bairdia curta M'Coy.
Nautilus carinatus Eichw.
» *hesperis* Eichw.
Orthoceras laterale Phill.
Gomphoseras hesperis Eichw.
» *trochoides* Fisch.
Cyrthoceras depressus Goldf.
» *subdepressus* Eichw.
Cyrthoceras subcostatus Eichw.
» *affine* Eichw.
» *decrescens* Eichw.
Loxonema Lefeburei Lév.
Pleurotomaria cingulata Goldf.
» *communis* Kon.
Metoptoma disciformis Münst.
Copulus vetustus Kon.
Porcellia nodosa Hall.
Platyschisma helicoides Sow.

Phanerotinus cristatus Phill.
Euomphalus cochleatus Sem. & Möll.
» *Dionysii* Mntf.
» *minutus* Kon.
Conocardium alaeforme Sow.
Edmondia unioniformis Phill.
Aviculopecten Helmerseni Sem. & Möll.
Terebratula hastaeformis Kon.
Spirifer centronatus Winch.
Spirifer glaber Mart.
Syringothyris cuspidata Sow.
Spiriferina octoplicata Sow.
Athyris pectinata Sem. & Möll.
» *planosulcata* Phill.
» *Puschiana* Vern.
» *subpyriformis* Sem. & Möll.
Rhynchonella Panderi Sem. & Möll.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Strophomena rhomboidalis Wiln.
Productus fallax Pand.
» *cf. tubarius* Keys.
Chonetes cribrosa Eichw.
» *Laguessiana* Kon.
Amplexus Henslowi E. H.
Zaphrentis cf. Omaliusi E. H.
Michelinia megastoma Phill.
Syringopora reticulata Goldf.
» *ramulosa* Goldf.
Bradyina rotula Eichw. [1]).
Endothyra Bowmani Phill.
» *globulus* Eichw.
» *parva* Möll.
Cribrostomum eximium Eichw.
» *commune* Möll.
» *textulariforme* Möll.
Tetrataxis conica Ehrenbg.

Aus den beiden zuletzt gegebenen Verzeichnissen der Fossilien geht die Zusammengehörigkeit des Kalksteins von Tschernyschina und des vorherbeschriebenen ihn unmittelbar unterlagernden Upakalks hervor, ebenso ergiebt sich deutlich die Zugehörigkeit dieser Schichten zum Carbon, da weitaus der grösste Theil der in ihnen gefundenen Formen dem Kohlenkalk angehört, während nur sehr wenige derselben aus dem Devon herübergekommen sind. Schon Jeremejeff [2]) und Barbot de Marny [3]) sprachen in Bezug auf die obersten Lagen des Kalksteins von Sherdewo am linken Ufer der Upa (Kreis Krapiwna, Gouvernement Tula) die Ansicht aus, dass derselbe zum Carbon gehört. Jeremejeff giebt aus diesem Orte folgendes Profil:

1) Diluvialer Thon	0,5 Meter.
2) Sand mit Stücken thonigen Eisensteins	0,5 »
3) Weisser Sand	2,8 »

1) Die hier erwähnten Foraminiferen führt V. v. Möller in seiner Schrift «Die Foraminiferen des russischen Kohlenkalks» 1879 (Mémoires de l'Acad. de St. Petersb. T. XXVII № 5. pag. 88 u. 89) aus dem Kalkstein von Tschernyschina und Gorodez an mit Ausnahme von *Endothyra Bowmani*, die bei Burnaschewo gefunden wurde gemeinsam mit schlecht erhaltenen Exemplaren von *Cribrostomum* und *Endothyra*. Im Ganzen ist dieser Kalkstein jedoch sehr arm an Foraminiferen und gelang es mir nicht, trotz einer ganzen Reihe Dünnschliffe in dem von Tschernyschina welche zu finden.

2) Горн. журналъ 1853 г. Bd. III.

3) Verhandlungen der Mineralog. Gesellschaft 1853.

4) Blauer schiefriger Thon ..... 0,1 Meter.
5) Gelber Sand ..... 2,8 »
6) Kalkstein mit *Bairdia curta* ..... 0,3 »
7) Vier Lagen devonischen Kalksteins ..... 1,6 »
8) Gelber Sand,

und sagt, dass hier das unterste Glied der Kohlenformation der Kalkstein mit *Bairdia curta* bildet, unter dem unzweifelhaft devonische Ablagerungen folgen. Gleichzeitig spricht er aber noch die Möglichkeit eines Irrthums aus, da es ihm nicht gelungen war andere Fossilien ausser der erwähnten in diesem Kalkstein zu finden. Romanowskij [1]) sah den Upakalk für eine Uebergangsbildung vom Devon zum Carbon an, während Trautschold und Auerbach [2]) denselben zum Carbon rechneten, aber irrthümlicher Weise glaubten, dass es der Kalkstein mit *Productus giganteus* sei, den sie bei Malewka und an einzelnen Orten an der Upa unter den kohlenführenden Schichten gesehen hatten. Dieser Irrthum ist von Romanowskij und Helmersen zur Genüge widerlegt worden.

Der hier geführte Nachweis, dass diese Schichten zum Carbon gehören, bestätigt noch mehr das früher auf Grundlage der Bohr- und Schachtprofile erhaltene Resultat, dass die Fortsetzung der beiden Kohlenflötze des unteren Horizontes der kohlenführenden Schichten von Tschulkowo und Paweletz das im Kalkstein von Bobriki, Malewka, Jasenki etc. angetroffene Flötzchen bildet.

Ich halte es hier für angezeigt noch des vermeintlichen Vorkommens von Kohle zwischen devonischen Schichten in einer Schlucht unweit vom Kirchdorfe Perechwal (Kreis Dankow) am Postwege von der Stadt Dankow nach Lebedjan, zu erwähnen, welches Barbot de Marny [3]) anführt. Bei einem Besuche dieses Ortes fand ich daselbst folgendes Profil:

1) Gelblich weisser Sandstein (oberer Horizont der kohlenführenden Schichten).
2) Grauer Sand.
3) Grauer Thon.
4) Kohle.
5) Grauer Thon.
6) Gelber und grüner Thon.
7) Gelblich weisser Kalkstein.

Das Kohlenflötz liegt demnach über den Kalksteinen und konnte eine Ueberlagerung desselben von devonischen Schichten wie Barbot de Marny es behauptet, hier nicht beobachtet werden, wohl aber, wie es das Profil zeigt, von Sandstein. Hiermit ist denn auch die

1) Горн. журналъ 1864 г. Bd. II.
2 Ueber die Kohlen von Central-Russland. Moscau 860 (Nouveaux mémoires de la soc. des Nat. de Moscou T. XIII).
3) Записки Минералог. общ. 1872.

bisher allgemein verbreitete Ansicht widerlegt als wären in den devonischen Schichten bei uns Kohlenflötze vorhanden.

Charakteristisch für den Kalkstein von Tschernyschina sind die beiden *Phillipsien-pustulata* und *Eichwaldi*, welche in grosser Individuenzahl in ihm vorkommen und bisher im Moskauer Becken nur in dieser Schicht gefunden worden sind. Diese beiden Fossilien sind in Amerika aus der Wawerly Gruppe bekannt und erwähnen Hall und Whitfield [1]), dass der *Proetus peroccidens* (*Phillipsia pustulata*) eines der charakteristischsten Fossilien dieser Gruppe bildet. Dieses Fossil tritt auch dort gleichzeitig mit einer ganzen Reihe derselben Fossilien wie in Tschernyschina, Burnaschewa etc. auf und zwar konnten folgende sicher mit einander identificirt werden.

Phillipsia pustulata Schlth. =	*Proetus peroccidens* Hall und Whitfield, 40 Parall, IV, II pag. 26 Taf. IV, Fig. 28—32.
Phillipsia Eichwaldi Fisch. =	*Proetus Loganensis*, ibidem Taf. IV, Fig. 33.
Nautilus carinatus Eichw. =	*Nautilus Digonus* M. und W. Kinderhook, *Gr. Illinois* II pag. 163. Taf. 9 *a—b*.
Porcellia nodosa Hall. =	*Porcellia nodosa* Hall, Kinderhook, *Gr. Illinois* III pag. 458, Taf. 14, Fig. *a—b*.
Euomphalus Dionysii Montf. =	*Euomphalus Ophirensis* Hall und Whitfield, 40 Parallel IV, II pag. 261, T. IV, F. 26, 27.
Euomphalus cochleatus Sem. u. Möll. =	*Euomphalus laxus* White, ibidem pag. 260, Taf. IV, Fig. 24, 25.
Spirifer centronatus Winchell. =	*Spirifer centronatus* Winch., ibidem pag. 254, Taf. IV, Fig. 5, 6.
Strophomena romboidalis Wilkens. =	*Strophomena romboidalis* Wilk., ibidem pag. 253, Taf. IV, Fig. 4.
Rhynchonella Panderi Sem. u. Möll. =	*Rhynchonella pustulosa* White, ibidem pag. 257, Taf. IV, Fig. 12—14.
Terebratula hastaeformis Kon. =	*Terebratula Utah* Hall und Whitfield, ibidem pag. Taf. IV, Fig. 18.
Streptorhynchus crenistria Phill. =	*Streptorhynchus inaequalis* Hall, ibidem pag. 252, Taf. IV, Fig. 1, 2.
» » » =	*Streptorhynchus inflatus* Hall und Whitfield, ibidem Fig. 3.
Chonetes Laguessiana Kon. =	*Chonetes Loganensis* Hall und Whitfield, ibidem pag. 253, Taf. IV, Fig. 9.
Michelinia megastoma Phill. =	*Michelinia* sp., ibidem pag. 261, Taf. IV, Fig. 19.

1) 40 Parallel IV, II.

Die Wawerly Gruppe *Ohios* und die ihr gleichaltrige Kinderhook-Gruppe *Illinois* bilden, ebenso wie bei uns der Kalkstein von Tschernyschina nebst dem denselben unmittelbar unterlagernden Upakalk, die untersten Glieder des Carbon und sind auch dort öfter zum Devon gerechnet worden.

Zwischen den kohlenführenden Sand- und Thonschichten und dem gelblichweissen weichen Upakalk liegt im Gouvernement Tula fast überall ein ockergelber oder dunkelbrauner eisenschüssiger meist weicher zerreiblicher Sandstein, der häufig auch ganz in gelben Sand übergeht. Er tritt fast am ganzen Laufe der Upa zu Tage, so im oberen Laufe derselben bei Lissji Pripary (siehe Profil Seite 61) dann bei Saretschje, Ssatinka und Korowinka (alle im Gouvernement Tula). Am letzteren Orte war folgendes Profil:

1)	Grau- und braungestreifter feiner Sand.	
2)	Ockergelber Sand mit Concretionen eisenschüssigen Sandsteins	1,5 Meter.
3)	Heller und dunkelgrauer Thon	1,5 »
4)	Kohle	0,2 »
5)	Grauer Thon	0,4 »
6)	Kohle	0,2 »
7)	Grauer Thon	0,2 »
8)	Gelber Sand	0,8 »
9)	Eisenschüssiger weicher Sandstein	1,3 »
10)	Weicher gelber von unregelmässigen Kanälen durchzogener Kalkstein in Lagen von 0,7 bis 1 Meter, enthält viele schlecht erhaltene Gasteropoden	6,0 »

Im unteren Laufe der Upa etwas unterhalb des Dorfes Ssuprut am rechten Ufer:

1)	Hellgelber Sand.	
2)	Dunkelgelber Sand	7,0 Meter.
3)	Hellgrauer Thon	1,0 »
4)	Eisenschüssiger ziemlich grobkörniger Sandstein	2,0 »
5)	Gelber weicher Kalkstein mit *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll, *Athyris Puschiana* Vern., *Chonetes nana* Vern., *Productus Panderi* Auerb., *Bairdia curta* M'Coy.	

Am Bache Uperta (rechter Zufluss der Upa) ist der Sandstein gleich unterhalb der Stadt Bogorodizk auf einer Strecke von mehreren Werst aufgeschlossen, wo er ebenfalls unmittelbar über dem Upakalk liegt und hier viele Reste von *Lepidodendron Veltheimianum, Strnbg.* enthält. Ebenso ist er an der Oka von Lichwin flussaufwärts an vielen Stellen unmittelbar über dem gelblichweissen Upakalk sichtbar. Eine Werst südlich von der Stadt Lichwin an der Poststrasse nach Bjelew ist am kleinen Bache Rjetschiza folgendes Profil:

1) Grauer Sand.
2) Ockergelber weicher Sandstein.

3) Weisser ziemlich weicher Kalkstein.
4) Gelblichweisser Kalkstein.
5) Gelblichgrauer Thon mit dünnen Lagen harten grauen Kalksteins.

Im weissen Kalkstein (3) fand Helmersen, [1]) *Nautilus, Bellerophon, Orthoceras, Productus antiquatus.* Einige Exemplare dieser Fossilien sind im Museum des Berginstituts zu St. Petersburg aufbewahrt und ist die von Helmersen als *Productus antiquatus* bezeichnete Form dieselbe, die in Tschernyschina vorkommt und dort als *Productus cf. tubarius* angeführt ist. Der von Helmersen erwähnte *Orthoceras* ist *Cyrthoceras depressus*, Goldf. Dieser Kalkstein ist demnach derselbe wie der von Tschernyschina.

Im Gouvernement Rjasan ist der Sandstein des mittleren Horizontes mehrfach am Don und seinen Zuflüssen aufgeschlossen, so bei den Orten Maslowka, Diwilki und Karatajewa, wie dies die weiter unten gegebenen Profile derselben zeigen. In dem schon früher erwähnten Serkalnyj Owrag bei Murajewna (Kreis Dankow), am rechten Ufer der Ranowa ist folgendes Profil:

1) Tchernosem	1,0	Meter.
2) Brauner sandiger diluvialer Thon	1,7	»
3) Weisser Sand	4,5	»
4) Grauer Thon mit *Lepidodendron Olivieri* Eichw.	2,5	»
5) Ockergelber Sandstein	2,0	»

6) Gelblichgrüner Thon mit dünnen Kalksteinplatten mit *Athyris Puschiana* Vern., *Rynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Cythere tulensis* Sem. u. Möll.
7) Weisser dünngeschichteter mergeliger Kalkstein.

Barbot de Marny [2]) erwähnt ebenfalls den Sandstein (5) aus dieser Schlucht und Jeremejew [3]) führt eine Reihe Orte an, wo über dem von ihm zum Devon gerechneten Kalkstein im Gouvernement Tula unter den kohlenführenden Sand- und Thonschichten, gelber Sandstein oder Sand liegt, den er für das unterste Glied der hiesigen Carbonablagerungen hält. Im Gouvernement Kaluga tritt dieser Sandstein an den Flüssen Shisdra und Sserena zu Tage, so bei Burnachewo (Profil Seite 62) Griwa etc. Von dem im oberen Horizonte der kohlenführenden Schichten gelegenen Sandstein mit Stigmarien unterscheidet sich dieser Sandstein dadurch, dass in ihm bisher garkeine anderen Pflanzenreste als *Lepidodendron Veltheimianum* Stbg. (*Knorria imbricata*) gefunden worden sind.

Dieser Sandstein scheint ein recht constantes Glied unserer kohlenführenden Etage zu sein, da er ausser im südlichen Theile des Moskauer Beckens, auch im nördlichen Theile desselben im Kreise Borowitschi Gouvernement Nowgorod an der Msta bei der Ziegelfabrik

1) Горный журналъ 1842.
2) Записки минералогическаго общества 1872.
3) Горный журналъ 1853 Bd. III.

von Shdani beobachtet worden ist. Hier tritt unmittelbar über violettem und grünem devonischen Thon derselbe ockergelbe eisenschüssige weiche Sandstein mit *Lepidodendron Veltheimianum*, wie an der Upa im Gouvernement Tula, auf und wird von Sand- und Thonschichten des mittleren Horizontes, in welchem zwei Kohlenflötze liegen, überlagert.

Von der Grenze des Kohlenkalks nach Süden hin nimmt die Häufigkeit der inselförmigen Vorkommen der kohlenführenden Etage in dem Masse wie die sie unterlagernden Schichten der Malewka-Murajewna Etage und die devonischen Kalksteine höher zu Tage treten, beständig ab, wobei gleichzeitig in Folge der Erosion der Flussthäler der von diesen Inseln eingenommene Raum immer kleiner wird, bis sie zuletzt nur noch auf den höchsten Punkten zwischen den Flüssen und Bächen angetroffen werden, während an den letzteren nur die vorerwähnten älteren Schichten sichtbar sind. In Folge dessen ist es nicht möglich die Südgrenze der inselförmigen Vorkommen festzustellen, da hier in den allerobersten Ausläufen der Schluchten, wo die obersten Schichten der betreffenden Gegend noch sichtbar sein könnten, nur äusserst selten irgend welche Aufschlüsse anzutreffen sind, so dass das Vorhandensein oder Fehlen der Schichten der kohlenführenden Etage in der Nähe ihrer Südgrenze meist nur durch Schürfungen, Brunnen etc. erkannt werden kann. Ein vollständiges Verschwinden der kohlenführenden Etage auf eine grössere Strecke konnte bisher sicherer nur im südlichen Theil des Gouvernements Tula beobachtet werden, doch ist es auf Grund des (Seite 62) über die Zerstörung der Carbonablagerungen Gesagten wohl möglich, dass weiter südlich im Gouvernement Orel, dessen geologischer Bau noch bei weitem nicht genügend genug bekannt ist, wieder sporadische Carbonvorkommen angetroffen werden. Im Gouvernement Rjasan liegt die Südgrenze ausserhalb der bisher ausgeführten Aufnahmen, und ist es ziemlich wahrscheinlich, dass Inseln der kohlenführenden Etage auf dem ganzen südlichen Theil desselben vorhanden sind und sich noch in's Gouvernement Tambow erstrecken, wo sie von Herrn N. N. Kulibin[1]) an mehreren Punkten zwischen den Städten Lebedjan und Lipezk angetroffen wurden. Im Gouvernement Kaluga ist die Südgrenze der kohlenführenden Etage bisher auch unbekannt, da die dort ausgeführten Aufnahmen nicht weit genug nach Süden reichen. Die südlichsten Punkte im Gouvernement Tula, wo noch mit Sicherheit die kohlenführende Etage constatirt werden konnte sind folgende: Sieben Werst oberhalb Belew am rechten Ufer der Oka beim Dorfe Wilitschna, beim Dorfe Schiwotowa (Kreis Odojew) am Bache Misgeja, beim Dorfe Lesski (Kreis Odojew) und Pokrowskoje (Kreis Krapiwna) wo dieselbe von Jeremejew[2]) durch Bohrungen nachgewiesen wurde, dann Ogarewo, Jesslenewo (Nowowoskressenskoje) Ssuchija Ploty und Korowinka (Kreis Bogorodizk), endlich Shemailowka und Nikolskoje am Bache Ptanj (Kreis Jefremow). An allen diesen Orten beträgt die Mächtigkeit der kohlenführenden Etage nur selten mehr als 1 bis 2 Meter.

Von den drei Horizonten der kohlenführenden Etage keilt sich nach Süden zuerst der unterste Horizont aus, der mittlere zieht sich noch ziemlich weit über denselben weg, wäh-

1) Записки минералогическаго общества 1866 Band I Seite 125.

2) Горн. журн. 1883. Bd. III Seite 381.

rend in der Nähe der Südgrenze nur der Sandstein mit Stigmarien angetroffen wird. Auf der an der Südgrenze des Kohlenkalks gelegenen Kohlengrube von Tschulkowo im Gouvernement Rjasan sind, wie schon erwähnt, alle drei Horizonte vertreten, weiter nach Süden auf der Kohlengrube von Murajewna (Kreis Dankow) fehlt der unterste Horizont und liegt hier das untere Flötz des mittleren Horizontes kaum 1 Meter über dem Kalkstein der Malewka-Murajewna Etage. Ebenso liegt im Serkalnyj Owrag bei Murajewna (Profil Seite 73) auf dem letzteren Kalkstein, der ockergelbe Sandstein, dessen Stellung wie nachgewiesen wurde zwischen dem mittleren und unteren Horizonte ist. Auf der Kohlengrube von Paweletz sind ebenso wie in Tschulkowo alle drei Horizonte vorhanden. Fünfundzwanzig Werst nach Süd-Südwest von Paweletz beim Dorfe Maslowka (Kreis Dankow) am Bache Panika einem linken Zufluss des Don ist folgendes Profil:

1)	Tschernosem	0,5 Meter.
2)	Brauner sandiger diluvialer Thon	1,5 »
3)	Rother Sand	5,3 »
4)	Gelber thoniger Sand mit Concretionen eisenschüssigen Sandsteins	2,6 »
5)	Hellgelber Sand	4,4 »
6)	Grauer Thon	0,7 »
7)	Kohle	0,2 »
8)	Grauer Thon	0,5 »
9)	Kohle	1,1 »
10)	Grauer Thon	1,6 »
11)	Gelber eisenschüssiger Sandstein und Thon	1,4 »
12)	Gelber Thon	1,2 »
13)	Gelblichgrüner Thon mit dünnen Kalksteinplatten mit *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Althyris Puschiana* Vern., *Productus fallax* Pand., *Chonetes nana* Vern., *Pecten Helmerseni* Sem. u. Möll.	0,62 »
14)	Gelblichgrauer oolitischer Kalkstein.	

Auch hier fehlt der untere Horizont und liegen die Schichten des mittleren Horizontes und der gelbe eisenschüssige Sandstein auf dem Thon und Kalkstein der Malewka-Murajewna Etage. Weiter nach Süden verschwindet allmälig auch der mittlere Horizont, während der Sandstein des oberen Horizontes sich noch weiter erstreckt. Auch Romanowsky[1]) erwähnt eines weissen Sandsteins, den er in den Kreisen Dankow und Rannenburg beobachtet hat und der dort entweder unmittelbar auf devonischen Kalksteinen oder, wie beim Dorfe Chonejewka, auf buntgefärbtem und grauem Thon mit Kohlenflötzen liegt, deren Gesammtmächtigkeit kaum einen Meter beträgt und die von gelbem und grünem Mergel und dünngeschichtetem devonischen Kalkstein unterlagert werden.

1) Горный журналъ 1857 Bd. I.

Im Gouvernement Tula treten an der Südgrenze der kohlenführenden Etage ebenfalls häufig die Sandsteine mit Stigmarien auf, so sieht man im Dorfe Ssuchije Ploty:

1) Weissen festen Sandstein mit *Stigmaria ficoides.*
2) Braunen eisenschüssigen Sandstein.
3) Grünen und gelben Thon.
4) Gelblichweissen dünngeschichteten mergeligen Kalkstein.

Dasselbe Profil wie hier ist auch am Bache Ptanj zwischen den Dörfern Shemailowka und Nikolskoje (im Kreise Jefremow) zu sehen.

Uebergangsschichten vom Devon zum Carbon.

Wie aus dem Vorhergehenden schon ersichtlich, wird die kohlenführende Etage, deren unterstes Glied in den Gouvernements Tula und Kaluga der Kalkstein von Tschernyschina und der Upakalk bilden, von einem meist dünngeschichteten gewöhnlich harten grauen oder braunen zum Theil oolitischen Kalkstein, der mit grünem, braunem oder gelbem Thon abwechselt, unterlagert, welcher sich besonders durch die grosse Anzahl der in ihm auftretenden *Cythere tulensis* und in einzelnen Lagen durch einen grossen Reichthum an Schuppen und Zähnen von Fischen auszeichnet. Besonders charakteristisch für diese Schicht sind dünne kaum $^1/_2$ Centimeter dicke braune oder blaugraue häufig aus einem mehr oder weniger groben Conglomerat bestehende Kalksteinplatten, welche mit organischen Resten überfüllt sind. Die Fossilien aus diesem Kalkstein sind von den Herrn Semenow und Möller[1]) ausführlich beschrieben worden und wurde von ihnen auf Grundlage derselben für diese Schichten die Bezeichnung Malewka-Murajewna-Etage gegeben. Zu dieser Etage rechneten sie auch den Upakalk, welcher eine Anzahl Fossilien mit ihr gemeinsam hat, der jedoch wie nachgewiesen wurde von ihr, als zur kohlenführenden Etage gehörig, getrennt werden muss. Wenn ich daher im Folgenden von der Malewka-Murajewna-Etage spreche so geschieht dies stets in der von mir hier gegebenen Begrenzung.

In den früher angeführten Profilen von Tschulkowo (Seite 62) Paweletz (Seite 63) Serkalnyj Owrag bei Murajewna (Seite 75), Lissji Prijary (Seite 66), Maslowka (Seite 75) ist diese Schicht schon vielfach vorgekommen und wurde auch erwähnt, dass sie bei Burnaschewo an der Sserena und bei Malewka unter dem gelblichweissen Upakalk hervortritt. Die Profile aus Malewka sind von Helmersen[2]) Romanowsky[3]) und Semenow und Möller beschrieben, doch war von letzteren die Schichtenfolge nicht richtig angegeben, was durch Romanowsky[4]) zurechtgestellt worden ist. An der Upa tritt diese Schicht öfter unter

1) Bullet. de l'Acad. de St. Petersb. 1864. Bd. VII.
2) Bullet. de l'Acad. de St. Petersb.
3) Bullet. des Natur. de Moscou. 1862. № 2.
4) Горн. журн. 1864. Bd. II.

dem zuletzt genannten Kalkstein zu Tage und wird von Jeremejew und Barbot de Marny mehrfach angeführt, so z. B. von ersterem aus Milenino (Kreis Krapiwna) und vom Bache Uljaba (Kreis Odojew). Letzterer Aufschluss ist auch von Murchison beschrieben worden. In einer Schlucht am rechten Ufer der Upa 1 Werst unterhalb des Dorfes Philimonowa (Kreis Odojew, Gouvernement Tula) ist folgendes Profil:

1) Grauer Thon.
2) Grauer und schwarzer Sand.
3) Grauer Thon.
4) Kohle.
5) Grauer Thon.
6) Gelber mergeliger Kalkstein mit *Athyris Puschiana* Vern., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Productus Panderi* Auerb., *Euomphalus transiens* Kon.
7) Hellgrauer Kalkstein.
8) Grauer Kalkstein in dünnen Platten mit grünlichgrauem Thon abwechselnd, mit *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Productus fallax* Pand., *Chonetes nana* Vern., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Aviculopecten Helmerseni* Sem. u. Möll., *Orthoceras Helmerseni* Pacht, *Metoptoma disciformis* Münst., *Nucula lineata* Phill., *Cythere tulensis* Sem. u. Möll., *Spirorbis omphalodes* Goldf., Fischzähne und Schuppen.

Der Kalkstein (6) ist der Upakalk, der graue Kalkstein (8) gehört zur Malewka-Murajewna-Etage. Die Umgegend des Dorfes Philimonowa ist neuerdings ausführlicher von Herrn Tschernyschew [1]) beschrieben worden und gehören die von ihm unter *n* und *n'* bezeichneten Schichten zur Malewka-Murajewna-Etage.

Wie an der Upa sind die Schichten dieser Etage im Gouvernement Kaluga an der Shisdra und ihren rechten Zuflüssen aufgeschlossen, so bei den Dörfern Wasty und Dretowa (Kreis Koselsk) Moilowa und Stariza (Kreis Shisdra). Desgleichen im unteren Laufe des Baches Sserena beim Sserensky Sawod. Romanowsky [2]) beobachtete am linken Ufer der Shisdra bei der Stadt Koselsk folgende Schichtenfolge:

1) Eisenschüssiges sandiges Diluvium.
2) Grüner mergeliger Thon.
3) Zerstörter Dolomit.
4) Gelber Kalkstein mit *Athyris Puschiana* und *Rhynchonella Livonica Panderi* Sem. u. Möll.
5) Abwechselnde Lagen aus buntem mergeligen Thon und Kalkstein mit Cytherinen.

In diesem Profil gehören die Schichten (3) und (4) zum Upakalk. Desgleichen giebt Romanowsky vom Bache Grjasnaja, einem rechten Zufluss der Shisdra (Kreis Koselsk) ein

1) Труды геолог. комитета. Bd. I. № 3. | 2) Горн. журн. 1865. Bd. I.

Profil, wo unter dem Upakalk der Kalkstein mit *Cythere tulensis* auftritt. Murchison führt diese Schicht aus einem kleinen Bache am rechten Ufer der Oka beim Dorfe Kipetj (Kreis Lichwin) an.

Im südöstlichen Theile des Gouvernements Tula und im westlichen des Gouvernements Rjasan sind die Kalksteine der Malewka-Murajewna-Etage an vielen Stellen aufgeschlossen, doch bilden sie hier die obersten Lagen der die kohlenführenden Sand- und Thonschichten unterlagernden Kalksteine, wie das die früher gegebenen Profile von Tschulkowo und Paweletz zeigen, wo sie unter den Sand- und Thonschichten des unteren Horizontes liegen, während sie bei Murajewna und Maslowka unmittelbar den mittleren Horizont unterlagern. Am Bache Panina linker Zufluss des Don, etwas unterhalb des Dorfes Divilki (Kreis Dankow) sieht man in einer kleinen Schlucht:

1)	Tschernosem	0,7 Meter.
2)	Brauner sandiger diluvialer Thon	1,8 »
3)	Hellgelber Sand	5,0 »
4)	Gelber Sand mit Concretionen eisenschüssigen Sandsteins	0,8 »
5)	Sehr unreine Kohle	0,2 »
6)	Hellgrauer Thon	1,0 »
7)	Hellgelber Sand	0,5 »
8)	Grauer Thon	1,5 »
9)	Eisenschüssiger Sandstein	1,5 »
10)	Grünlichgrauer Thon und dünne hellbraune Kalksteinplatten mit *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Athyris Puschiana* Vern., *Productus Panderi* Auerb., *Productus fallax* Pand., *Chonetes nana* Vern., *Spiriferina octoplicata* Sow., *Megalodon suboblongus* Vern., *Nucula lineata* Phill., *Arca* sp., *Cythere tulensis* Sem. u. Möll., *Fenestella devonica* Sem. u. Möll.	0,8 »
11)	Hellgrauer oolitischer Kalkstein folgendes Profil:	

Einer der bekanntesten Aufschlüsse des Kalksteins der in Rede stehenden Etage ist der beim Dorfe Ranowskije Werchi (Kreis Dankow), welcher von Semenow und Möller ausführlich beschrieben ist.

Zehn Werst nördlich von Murajewna am Bache Ssuchaja Polotebna, (linker Zufluss der Ranowa), in einer kleinen Schlucht in der Nähe des Dorfes Miroslawschtschino (Kreis Skopin) sieht man folgendes Profil:

1)	Tschernosem	0,6 Meter.
2)	Brauner sandiger diluvialer Thon	1,1 »
3)	Gelber Sand	3,4 »
4)	Grauer Thon	0,4 »
5)	Kohle	0,8 »

6) Grauer Thon ..... 0,7 Meter.
7) Gelber und grünlichgrauer Thon mit dünnen Kalksteinplatten mit *Chonetes nana* Vern., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Productus fallax* Paud., *Cythere tulensis* Sem. u. Möll. ..... 0,7 »
8) Oolitischer hellgelblichgrauer Kalkstein.

Die Schicht (8), der oolitische gelblichgraue Kalkstein, tritt fast überall unter dem plattenförmigen Kalkstein mit *Cythere tulensis* auf und ist schon in den Profilen von Maslowka (Seite 75) und Divilki vorgekommen. Er liegt meist in Lagen von 0,1 bis 0,2 Meter und ist gewöhnlich sehr arm an Fossilien. Dieser Kalkstein ist im ganzen südlichen Theil des Gouvernements Rjasan, so weit die Aufnahmen bisher reichen entwickelt. So z. B. findet sich am Don in einer Schlucht beim Dorfe Karatejewo folgender Aufschluss:

1) Tschernosem ..... 0,2 Meter.
2) Eisenschüssiger Sandstein ..... 0,6 »
3) Grauer Thon mit dünnen Kalksteinplatten mit *Athyris Puschiana* Vern., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Productus Panderi* Auerb., *Chonetes nana* Vern., *Spirifer inflatus* Schn., *Cythere tulensis* Sem. u. Möll. . . 1,5 »
4) Bräunlichgrauer oolitischer Kalkstein mit *Chonetes nana* Vern., *Cythere tulensis* Sem. u. Möll. *Arca* sp. (*oreliana* Sem. u. Möll.) *Nautilus* sp. . . . 1,0 »
5) Dünngeschichteter oolitischer Kalkstein mit *Astarte socialis* Eichw. ..... 1,0 »
6) Grauer thoniger Kalkstein in Lagen von 0,4 bis 0,6 Meter ..... 1,7 »
7) Hellgelblichgrauer mergeliger dünngeschichteter Kalkstein ..... 0,8 »
8) Bräunlichgrauer dolomitischer sehr cavernöser Kalkstein mit dünnen Zwischenlagen von Mergel ..... 8,0 »
9) Gelber Mergel ..... 0,7 »
10) Thoniger grauer Kalkstein in Lagen von 0,7 Meter.

Beim Dorfe Storoschewo (Kreis Dankow) an einem kleinen Zufluss des Don von links:

1) Weisser Sand ..... 3,6 Meter.
2) Rother eisenschüssiger Sandstein ..... 2,7 »
3) Gelber und grüner Thon mit dünnen Kalksteinplatten mit *Cythere tulensis* Sem. u. Möll., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll. ..... 0,6 »
4) Gelber eisenschüssiger Thon ..... 0,4 »
5) Grauer oolitischer Kalkstein ..... 0,8 »
6) Dünngeschichteter mergeliger Kalkstein.

In der Nähe von Murajewna beim Dorfe Dawletjewo (Kreis Dankow) am linken Ufer der Ranowa treten die Schichten (5) und (6) sehr hoch zu Tage und bildet die erstere hier die oberste Kalksteinschicht unter den Schichten der kohlenführenden Etage. Weiter nach

Osten von Murajewna fehlt überall der plattenförmige Kalkstein mit *Cythere tulensis* und ruht hier die kohlenführende Etage unmittelbar auf dem oolitischen Kalkstein. So sieht man am Bache Chupta im Kreise Rannenburg beim Dorfe Swinuschki folgendes Profil:

1) Tschernosem	0,4	Meter.
2) Brauner sandiger diluvialer Thon	0,8	»
3) Abwechselnde Lagen gelben und weissen Sandes	16,7	»
4) Kohle	0,12	»
5) Grauer Thon	0,2	»
6) Kohle	0,5	»
7) Weisser, in den unteren Theilen grauer Thon	1,8	»

8) Gelblichgrauer oolitischer Kalkstein.

Die Kohlenflötze (4) und (5) gehören zum mittleren Horizonte der kohlenführenden Etage und haben, wie dies die unter Leitung von Barbot de Marny hier ausgeführten Untersuchungsarbeiten zeigten, eine sehr geringe Ausdehnung, indem sie sich nach allen Richtungen schnell auskeilen. Der jurassische gelbe Sand (3) liegt hier unmittelbar auf dem Kohlenflötze (4) dessen obere Theile zerstört worden sind, entsprechend den (Seite 62) bei Murajewna gemachten Beobachtungen. Von Swinuschki die Chupta flussabwärts ist der oolitische Kalkstein bis in die Nähe der Stadt Rjaschsk sichtbar. Beim Dorfe Kislinka enthielt er *Arca* sp. (*oreliana* Sem. u. Möll.). Im Gouvernement Tula konnte der oolitische Kalkstein an vielen Stellen im südwestlichen Theile desselben beobachtet werden, besonders am Don und seinen Zuflüssen der Njuchowka, Neprjadowa, Ssuchaja Tobolja und Mokraja Tobolja. Am letzteren Bache beim Dorfe Butschalki in einer kleinen Schlucht nicht weit vom Gutsgebäude sieht man:

1) Gelben und weissen Sand.
2) Grauen Thon.
3) Kohle.
4) Grauen Thon.
5) Gelben und grünen Thon in dünnen Lagen mit ebenso gefärbten dünnen Kalksteinplatten abwechselnd, mit: *Cythere tulensis* Sem. u. Möll., *Euomphalus minutus* Kon., *Euomphalus cochleatus* Sem. u. Möll., *Nucula lineata* Vern., *Pecten Helmerseni* Sem. u. Möll., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Chonetes nana* Vern., *Productus Panderi* Auerb., *Productus fallax* Pand.
6) Grauen harten oolitischen Kalkstein.

Drei Werst unterhalb Butschalki, beim Dorfe Krasnaja, sind die Schichten (4), (5) und (6) ebenfalls aufgeschlossen und enthielt der Kalkstein (6) *Cythere tulensis* Sem. u. Möll., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Chonetes nana* Vern.

Wie schon gesagt fehlt im östlichen Theil des Gouvernements Rjasan der plattenförmige Kalkstein mit *Cythere tulensis*. Die östlichsten Punkte, wo derselbe beobachtet worden ist, sind: Die Schlucht Serkalnyj Owrag bei Murajewna (Kreis Dankow), bei den Dörfern Miroslawschtschino und Schischkino am Bache Ssuchaja Polotebnja, Tschulkowo und Paweletz (alle im Kreise Skopin). Die Südgrenze dieses Kalksteins konnte, ebenso wie die der kohlenführenden Schichten, nicht genau festgestellt werden. Die südlichsten Punkte an welchen er im Gouvernement Tula angetroffen wurde, sind: im Kreise Belew am Bache Ista, rechter Zufluss der Oka, bei den Dörfern Knjaginewo und Mokroje (Profil Seite 85), beim Dorfe Pokrowskoje (Kreis Odojew) am Bache Mogilnja, linker Zufluss der Plawa und beim Dorfe Jakowlewskoje (Kreis Tscherny) im obersten Laufe des Flusses Krassiwyj Metsch.

Im plattenförmigen Kalkstein der Malewka-Murajewna-Etage sind bisher folgende Fossilien gefunden worden:

Cladodus simplex Ag.
» *obtusus* Trtsch.
» *primigenius* Trtsch.
» *divaricatus* Trtsch.
Orodus tumidus Trtsch.
» *excentricus* Trtsch.
» *sublaevis* Trtsch.
Helodus aversus Trtsch.
» *gibberulus* Ag.
» *contractus* Trtsch.
Psammodus porosus Ag.
» *inflexus* Trtsch.
» *linearis* Ag.
Leperditia nigrescens Eichw.
Cythere tulensis Sem. & Möller.
Orthoceras Helmerseni Pacht.
Metoptoma disciformis Münst.
Bellerophon cf. lineatus Gldf.
Euomphalus cochleatus Sem. & Möll.
» *minutus* Kon.
Megalodon suboblongus Vern.
Arca sp. (*oreliana* Sem. & Möller).
Nucula lineata Phill.
Ariculopecten Helmerseni Sem. & Möll.
Spirifer glaber Mart.
» *inflatus* Schn.
» sp. (*Anossofi* Sem. & Möll.).
Spiriferina octoplicata Sow.
Athyris pectinata Sem. & Möller.
Athyris Puschiana Vern.
Athyris subpyriformis Sem. & Möller.
Retzia tulensis Pand.
Rhynchonella Panderi Sem. & Möller.
Orthis resupinata Mart.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Productus fallax Pand.
» *Panderi* Auerb.
Chonetes nana Vern.
Spirorbis omphalodes Goldf.
Serpula devonica Pacht.
Fenestella devonica Sem. & Möller.
Cyathophylum caespitosum Goldf.
Zaphrentis Noeggerathi E. H.
Michelinia megastoma Phill.
Alveolites cf. suborbicularis Goldf.

Im oolitischen Kalkstein:

Cythere tulensis Sem. & Möll.
Arca sp. (*oreliana* Sem. & Möll.).
Astarte socialis Eichw.
Chonetes nana Vern.
Spiriferina octoplicata Sow.
Rhynchonella Panderi Sem. & Möll.
Streptorhynchus crenistria Phill.

Aus dem ersten der beiden hier gegebenen Verzeichnisse ergiebt sich, dass der plattenförmige Kalkstein 10 Formen mit dem Kohlenkalk gemeinsam hat, 4 Formen gehören dem Devon und Carbon zugleich an, 7 Formen sind bisher nur in dieser Schicht und in den Kalksteinen von Tschernyschina und der Upa angetroffen worden; 11 Formen sind nur aus diesem Kalkstein bekannt und 13 Formen sind aus dem Devon herüber gekommen. Wir sehen demnach hier in grösserer Menge devonische Formen vertreten, als in den ihn unmittelbar überlagernden Kalksteinen von Tschernyschina und der Upa, denen er jedoch sehr nahe steht, da er mit ihnen 18 Formen gemeinsam hat. Dieser Kalkstein muss demnach als ein Uebergangsglied vom Devon zum Carbon angesehen werden, wie dies auch Barbot de Marny [1]) ausspricht. Eine weitere Uebergangsstufe vom Devon zum Carbon zeigt der oolitische Kalkstein. In den oberen Lagen desselben sind noch die für den plattenförmigen Kalkstein so charakteristischen Fossilien *Chonetes nana*, *Rhynchonella Panderi* und *Spiriferina octoplicata* gefunden worden, in den unteren fehlen jedoch diese und hier tritt neben der kleinen *Arca* (*oreliana* Sem. & Möll.) und *Cythere tulensis* auch die *Astarte socialis* Eichw. auf, welche in so grosser Anzahl in dem oberdevonischen dünngeschichteten Kalkstein von Orel zugleich mit der typischen *Arca oreliana* Vern. und *Spirifer Archiaci* Murch. vorkommt. In den oberen Lagen des oolitischen Kalksteins und im plattenförmigen Kalkstein ist bisher *Astarte socialis* nicht gefunden worden.

Wie schon gesagt sind die Fossilien der Malewka-Murajewna-Etage am eingehendsten von Semenow und Möller bearbeitet worden. Hierbei sprachen sie die Ansicht aus, dass dieselbe das oberste Glied unseres Devon bilden. Sie erkannten jedoch auch den nahen Zusammenhang dieser Etage mit dem Kohlenkalk, da sie in Folge einer irrthümlichen Vorstellung über die Lage des sogenannten gelben Thons von Sloboda (siehe Seite 39) denselben ebenfalls zur Malewka-Murajewna-Etage rechneten [2]). Zu der Annahme, dass die Malewka Murajewna Etage zum Devon gehöre, sind sie durch einige ungenaue Bestimmungen der Fossilien bewogen worden. Das von ihnen unter dem Namen *Arca oreliana* bezeichnete Fossil ist nicht dieselbe *Arca*, welche Verneuil so bezeichnet hatte und die im oberdevonischen dünngeschichteten mergeligen Kalkstein im Gouvernement Orel so häufig vorkommt. Die *Arca* der Malewka-Murajewna-Etage hat eine fast glatte Schale und ist um die Hälfte kleiner, als die typische, welche deutlich und ziemlich grob concentrisch gestreift ist. Dieselbe *Arca*, welche in diesen Schichten vorkommt, ist auch in den untersten Lagen

1) Успѣхи геологич. описанія Россіи за 1873 и 1874 г.
2) Dieser Irrthum ist auch von Romanowsky im Горн. журн. 1864 Bd. XI nachgewiesen.

des Kalksteins mit *Productus giganteus* (der unteren Stigmarienschicht am Bache Sselna Kreis Kaluga), gefunden worden. Die *Spiriferina octoplicata*, war von den genannten Herren als *Spirifer aculeatus* Schn. bestimmt worden. Eine nähere Untersuchung einer grösseren Anzahl von Exemplaren dieser Form aus Malewka und einer Reihe anderer Orte, zeigte, dass sie eine deutlich punktirte Schale hat, und von der aus den untersten Schichten mit *Productus giganteus* stammenden, bei Levina, Bobriki, Mochowoje gefundenen *Spiriferina* nicht zu unterscheiden ist. Ebenso muss bemerkt werden, dass der *Spirifer* den Semenow und Möller als *Spirifer Anossoffi* Vern. bestimmt hatten, sich wesentlich von dem typischen unterscheidet und wahrscheinlich eine neue Art darstellt. Der eigentliche *Spirifer Anossoffi* ist bisher auch in den die Malewka-Murajewna-Etage unterlagernden dünngeschichteten oberdevonischen Kalksteinen mit *Astarte socialis* und *Arca oreliana* nicht angetroffen worden.

Die Fischreste aus dem plattenförmigen Kalkstein von Malewka-Murajewna sind von Trautschold[1]) bearbeitet worden. Die meisten gehören danach neuen Arten an, doch sind drei derselben mit Arten aus dem Kohlenkalk identisch, nämlich: *Helodus gibberulus* Ag., *Psammodus porosus* Ag. und *Psammodus linearis* Ag., und nur eine Art *Cladodus simplex* Ag. stammt aus dem Devon. Trautschold sagt weiter, dass mehrere von ihm neu eingeführte Arten möglicherweise ebenfalls identisch sind mit Arten aus dem Kohlenkalk und dass die übrigen neuen Species alle analoge Formen im Kohlenkalk haben, während hier solche Fischreste, die für das Devon charakteristisch sind, vollkommen fehlen. Auf Grundlage dieser Untersuchung ist Trautschold daher auch zur Ansicht gelangt, dass die in Rede stehenden Schichten ein Uebergangsglied vom Devon zum Carbon bilden, aber dem Charakter ihrer Fossilien nach näher zu letzterem stehen.

Devonische Ablagerungen.

Unter den Schichten der Malewka-Murajewna-Etage tritt am Südrande des Moskauer Kohlenbeckens in den Gouvernements Tula und Rjasan ein dünngeschichteter hellgrauer, gelblichgrauer und weisser theils mergeliger, theils harter Kalkstein zu Tage. Die obersten Theile dieser 10 bis 20 Meter mächtigen Ablagerung enthalten ein paar Lagen hellgelblichgrauen ziemlich harten Kalksteins, der fast ganz aus den Schalen der kleinen *Astarte socialis* Eichw. besteht, neben der *Cythere tulensis* öfter vorkommt, während in den unteren Theilen wieder Bänke vorkommen, die *Spirifer Archiaci* Murch. und eine zahllose Menge *Arca oreliana* Vern., *Spirorbis omphalodes* Goldf. und *Cythere tulensis* Sem. u. Möller, enthalten. Unter diesem dünnschiefrigen Kalkstein liegt ein gelblich- oder grünlichgrauer

1) Nouveaux Mémoires de la Soc. Imp. des Natur. de Moscou 1874 T. XIII.

sehr cavernöser dolomitischer Kalkstein in dicken Lagen von 0,5 bis 1,0 Meter. Die Hohlräume desselben sind meist von Kalkspathdrusen ausgefüllt, deren einzelne Krystalle oft mehrere Zoll Länge erreichen. Er ist im Ganzen arm an Fossilien, in einzelnen Lagen jedoch kommt *Rhynchonella livonica* Buch., *Spirifer Archiaci* Murch. und *Athyris concentrica* Buch., häufiger vor. Sehr gut aufgeschlossen sind diese beiden Schichten im Gouvernement Rjasan längs dem ganzen Laufe des Don und an seinen Zuflüssen von links, der Kotschurowka, der Ssuchaja Roshnja und Mokraja Roshnja und von rechts am Bache Rychotka. An allen diesen Flüssen und Bächen ist in ihrem oberen Laufe der dünn geschichtete weisse und gelblichgraue mergelige Kalkstein zu sehen unter dem, im mittleren und unteren Laufe derselben, nach Maassgabe der Neigung des Flussbettes, der dolomitische cavernöse Kalkstein mehr und mehr hervortritt.

Im früher (Seite 79) gegebenen Profil von Karatajewa (Kreis Dankow) am Don gehören zum dünngeschichteten Kalkstein die Schichten (4) und (5), zum dolomitischen die Schichten (6) bis (10). Weiter nach Osten im obersten Laufe der Ranowa und ihren Zuflüssen ist der dünngeschichtete Kalkstein überall sichtbar bis zum Dorfe Urussowo, ebenso am Bache Mokraja Polotebnja, linker Zufluss der Ranowa und an ihrem Zufluss, der Ssuchaja Polotebnja zwischen den Dörfern Pokrowskoje, Troitzkoje und Kurbatowo. Der cavernöse dolomitische Kalkstein tritt dagegen unter diesem Kalkstein nur am kleinen Bache Ssuchaja Lubnja, der gegenüber Murajewna von rechts in die Ranowa mündet, auf und an der Ranowa selbst bei Murajewna und Dawletjewa. So findet sich gegenüber dem Dorfe Meschtscherskoje (Kreis Dankow) am Bache Ssuchaja Lubnja:

1) Brauner sandiger diluvialer Thon.
2) Grüner und gelber Thon.
3) Dünngeschichteter mergeliger Kalkstein.
4) Grauer cavernöser dolomitischer Kalkstein in Lagen von 0,5 Meter.

In einer Schlucht, die von links in den Bach Kotschurowka mündet beim Dorfe Jekaterinowka (Kreis Dankow), ist:

1) Gelblich grauer dünngeschichteter mergeliger Kalkstein.
2) Grauer cavernöser dolomitischer Kalkstein.
3) Gelber Sand über dem Boden der Schlucht.

Diese drei Schichten sieht man fast bis zur Mündung der Schlucht in die Kotschurowka und ist dies die einzige Stelle, wo unter dem cavernösen dolomitischen Kalkstein in dem von mir untersuchten Theil, Sand gefunden ist. Dieselben beiden Schichten, den dünngeschichtete mergelige Kalkstein und der cavernöse dolomitische, treten mit grösster Gleichförmigkeit auch im ganzen südlichen Theil des Gouvernements Tula, in allen tieferen Flüssen und Bächen zu Tage Die untere Schicht ist am Don von der Grenze des Gouvernements Rjasan flussaufwärts bis zum Dorfe Miloslawtschino (Kreis Epifan), etwas oberhalb der Mündung

der Neprjadowa in denselben, aufgeschlossen, während die obere noch bis zum Dorfe Tuschilowo sichtbar bleibt, wo sie dann unter den Schichten der Malewka-Murajewna-Etage und dem Upakalk verschwindet. Am Bache Neprjadowa ist der dolomitische Kalkstein bis zum Dorfe Michailowskoje und der dünngeschichtete bis zum Dorfe Nikitskoje sichtbar. Die letztere Schicht ist sehr gut am Bache Sitka, einem rechten Zufluss der Neprjadowa beim Dorfe gleichen Namens (Kreis Bogorodizk), wo sie gegen 10 Faden hoch ansteht, aufgeschlossen, ebenso tritt sie im unteren Laufe des schon früher erwähnten Baches Malewka auf und enthält hier beim Dorfe Lipunowka in den oberen Lagen in grosser Menge *Astarte socialis*. Weiter nach Westen amBache Plawa, linker Zufluss der Upa und an ihrem Zufluss der Plawitza sind beide Schichten ebenso auf dem grössten Theile ihres Laufes zu sehen. Sie haben hier ein Einfallen nach Norden und verschwindet die untere derselben an der Plawa erst beim Dorfe Draguny, 12 Werst oberhalb der Stadt Krapiwna, während die obere noch in der Stadt Krapiwna sichtbar ist, aber an der Mündung der Plawa in die Upa durch die Schichten mit *Cythere tulensis* und den Upakalk verdeckt wird. Einer der besten Aufschlüsse beider Schichten an diesem Bache ist beim Dorfe Jurjewa (Kreis Krapiwna):

1) Brauner sandiger diluvialer Thon ..... 0,6 Meter.
2) Weisser dünngeschichteter mergeligen Kalkstein mit Lagen hellgrauer festeren Kalksteins..... 12,0 »
3) Gelblichgrauer dolomitischer cavernöser Kalkstein in Lagen von 0,6 bis 1,0 Meter..... 5,7 »

Noch weiter nach Westen im südwestlichen Theile des Gouvernements Tula und im nördlichen des Gouvernements Orel treten ebenfalls dieselben beiden Schichten an der Oka und ihren Zuflüssen zu Tage und sind von hier schon durch Murschison, Pacht, etc. beschrieben worden. Beim Dorfe Peskowatoje 13 Werst oberhalb Belew am rechten Ufer der Oka sieht man folgendes Profil:

1) Röthlichgelber sandiger diluvialer Thon, reich an Geschiebe aus Feuerstein und bis zu faustgrossen Stücken krystallinischen Gesteins.
2) Ockergelber Sand.
3) Grüner Thon.
4) Hell und dunkelgefärbter gelber thoniger weicher Kalkstein in dünnen Lagen, stark zerklüftet, ohne Fossilien.
5) Hellgelber mergeliger dünngeschichteter Kalkstein mit *Astarte socialis* Eichw., *Arca oreliana* Vern., *Spirorbis omphalodes* Goldf.
6) Gelber weicher thoniger Kalkstein in Lagen von 0,3 bis 5,0 Meter.
7) Gelblich grauer cavernöser dichter dolomitischer Kalkstein in Lagen von 0,2 bis 0,4 Meter mit *Rhynchonella livonica* Buch.
8) Grauer cavernöser dolomitischer Kalkstein, härter als der vorhergehende mit *Rhynchonella livonica* Buch, *Spirifer Archiaci* Murch.

Längst dem ganzen Bache Ista, der gegen 30 Werst oberhalb Belew in die Oka mündet, ist der weisse und gelbe dünngeschichtete Kalkstein aufgeschlossen, welcher im obersten Laufe des Baches vom Kalkstein der Malewka-Murajewna-Etage überlagert wird. Beim Dorfe Mokroje ist folgendes Profil:

1) Brauner sandiger diluvialer Thon.
2) Dunkelbrauner eisenschüssiger Sandstein.
3) Schmutziggrüner Thon.
4) Grüner Thon.
5) Grauer Thon.
6) Hellgrauer dichter etwas thoniger Kalkstein mit *Cythere tulensis* Sem. u. Möller und vielen undeutlich erhaltenen Schalenresten, besonders von Gasteropoden.
7) Schmutziggrüner und gelber Thon in dünnen Lagen wechsellagernd mit fast ganz aus Schalenresten bestehenden Kalksteinplatten mit *Cythere tulensis* Sem. u. Möller, *Leperditia nigrescens* Eichw., *Spirifer inflatus* Schw., *Spirifer octoplicata* Sow., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möll., *Athyris Puschiana* Vern., *Chonetes nana* Vern., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Orthoceras Helmerseni* Pacht, *Serpula devonica* Pacht und vielen Fischresten.
8) Gelber Thon.
9) Schmutziggrüner Thon.
10) Hellgelber weicher thoniger, theils dichter, theils oolitischer Kalkstein mit *Spiriferina octoplicata* Sow., *Athyris Puschiana* Vern., *Rhynchonella Panderi* Sem. u. Möller, *Productus fallax* Pand., *Arca* sp. (*Oreliana* Vern., Sem. u. Möller), *Cythere tulensis* Sem. u. Möller.
11) Weicher mergeliger weisser und hellgelblichgrauer dünngeschichteter Kalkstein ohne Fossilien.

Fünfzehn Werst unterhalb Mokroje beim Dorfe Baidina (Kreis Belew, Gouvernement Tula) an der Ista fehlt die Malewka-Murajewna-Etage vollständig und unter dem dünngeschichteten mergeligen Kalkstein tritt der cavernöse dolomitische Kalkstein hervor, hier ist:

1) Brauner sandiger diluvialer Thon.
2) Schmutziggrüner Thon.
3) Fester grauer Kalkstein in dünnen Lagen von 0,04 bis 0,06 Meter, stark zerklüftet.
4) Schmutziger grüner Thon.
5) Hellgelber weicher mergeliger Kalkstein in dünnen Lagen von 0,04 bis 0,1 Meter.
6) Gelber thoniger Kalkstein mit *Spirorbis omphalodes* Goldf.
7) Gelber dolomitischer sehr cavernöser Kalkstein in dicken grossen Platten brechend, mit unebenen zerfressenen Schichtungsflächen mit *Rhynchonella livonica* Buch.

8) Derselbe Kalkstein wie (7), nur von grauer Farbe und härter. Die Hohlräume grösser und vielfach mit Kalkspath ausgefüllt, mit *Rhynchonella livonica* Buch und *Spirifer Archiaci* Murch.

Vergleicht man die beiden in Rede stehenden Schichten mit denen bei Otrada, welche Murschison beschreibt, so ergiebt sich die Identität des dünngeschichteten mergeligen Kalksteins mit den oberen Schichten jenes Ortes und des dolomitischen cavernösen Kalksteins mit den unteren.

Die devonischen Bildungen des mittleren Russlands sind von Barbot de Marny [1]) ausführlich beschrieben worden. Er kam dabei nach einer übersichtlichen Darstellung seiner eigenen Beobachtungen und der aller anderen Forscher, die diese Gegend bereist hatten, zum Resultat, dass der dünngeschichtete mergelige Kalkstein mit der von Semenow und Möller aufgestellten Malewka-Murajewna-Etage vereinigt werden müsse in eine Gruppe, die er Cytherinen- [1]) oder Malewka-Murajewna-Gruppe nannte und dass der dolomitische Kalkstein mit *Spirifer Archiaci, Athyris concentrica, Rhynchonella livonica* zum mittleren Devon gehöre, wie das schon früher Helmersen und Pacht [2]) nach gewiesen haben. Barbot de Marny war anfangs der Ansicht, dass die Cytherinen-Gruppe auch zum mittleren Devon gerechnet werden müsse, in der Folge dagegen trennte er sie von derselben und hielt sie für eine Uebergangsbildung vom Devon zum Carbon.

Wie schon erwähnt müssen in der That die Schichten mit *Cythere tulensis, Spiriferina octoplicata, Athyris Puschiana, Productus fallax, Rhynchonella Panderi*, etc. entweder als unterstes Glied unseres Carbon oder als Uebergangsglied zum Devon angesehen werden. Der dünngeschichtete mergelige Kalkstein mit *Spirifer Archiaci* und *Arca oreliana* kann dagegen nicht gut mit dem Cytherenkalk vereinigt werden und muss eine dem oberen Devon aequivalente Ablagerung bilden, wie das auch A. Karpinsky [3]) annimmt.

Einen, von den eben beschriebenen, etwas verschiedenen Character haben die devonischen Schichten im südöstlichen Theil des Gouvernements Rjasan, in den Kreisen Rjaschsk und Rannenburg. Hier ist am Bache Chupta (rechter Zufluss der Ranowa) südlich von der Stadt Rjaschsk unter den Schichten der Kohlenführenden Etage und dem grauen oolitischen Kalkstein, der die unterste Lage der Malewka-Murajewna-Etage bildet, eine bis zu 20 Meter mächtige Kalksteinablagerung aufgeschlossen, die fast ganz fossilienleer ist und deren Alter daher nicht genauer bestimmt werden kann. Wahrscheinlich gehört sie denselben devonischen Schichten an, die am Flusse Woronesh zu Tage treten. Anderthalb Werst oberhalb des Dorfes Konjuchowka ist folgendes Profil:

1) Harter gelblichweisser oolitischer Kalkstein unregelmässig zerklüftet.
2) Grauer fester oolitischer Kalkstein.

---

1) Горный журналъ 1878. Bd. IV.
2) Beiträge z. Kenntniss des russ. Reiches. 1858. Bd. 21.
3) Горный журналъ 1878. Bd. IV. Seite 58, Anmerk.

3) Gelber Thon.
4) Grauer Kalkstein in Lagen von 0,1 Meter Dicke im oberen Theile weich, nach unten härter werdend.
5) Eine dünne Lage schwarzen Brennschiefers.
6) Gelblichgrauer fester Kalkstein.
7) Dunkelblauer fast schwarzer Thon.
8) Blauer Kalkstein, in den oberen Lagen sehr dunkel gefärbt, noch unten heller werdend.

Diese Schichten sind sehr hoch aufgeschlossen im Kreise Rannenburg beim Dorfe Jakimetz und am kleinen Bache Burminka, der von rechts in die Chupta mündet. An letzteren beiden Orten ist der Kalkstein von gelber und gelblichgrauer Farbe mit glattem Bruche und enthält in seiner sonst dichten Masse kleine von Kalkspath ausgefüllte Hohlräume. Barbot de Marny [1]) fand in ihm *Rhynchonella livonica*.

Schlussfolgerung.

Ueberblickt man das über die Carbonablagerungen des südlichen Theiles des Moskauer Beckens Gesagte und die folgende Tabelle [2]) der Verbreitung der bisher aus denselben bekannten Fossilien, so ergiebt sich deutlich die grosse Verschiedenheit des Schichtencomplexes mit *Spirifer Mosquensis* von dem mit *Productus giganteus*. Die Verschiedenheit dieser zwei Abtheilungen beruht jedoch nicht bloss auf der verticalen Verbreitung der beiden genannten charakteristischen Fossilien, welche im Moskauer Becken nie gemeinsam in denselben Schichten vorkommen, sondern ist noch durch eine Reihe anderer Formen scharf gekennzeichnet, welche einer jeden derselben ein ihr eigenthümliches Gepräge verleihen. Neben dem, von den alleruntersten Schichten der oberen Abtheilung an, sofort massenhaft auftretenden *Spirifer Mosquensis*, erscheint gleichzeitig und in gleicher Menge *Fusulina cylindrica*, eine Form, die einer Gattung angehört, welche in der unteren Abtheilung nicht vorkommt. Mit diesen beiden zusammen treten in grosser Anzahl drei neue Fusulinellenformen auf, nämlich *Fusulinella Bocki*, *Fusulinella sphaeroidea* und *Fusulinella Bradyi*, während die einzige *Fusulinella Fus. Struvii*, die in den Schichten mit *Productus giganteus* häufig angetroffen

---

1) Записки Минералогическаго Общества 1878.

2) Die Artenbestimmungen der in dieser Tabelle genannten Fossilien sind vor sechs und mehr Jahren gemacht worden, wobei vorherrschend ältere Arbeiten wie die von de Koninck, M'Coy, Phillips und Davidson benutzt wurden. Der Artenbegriff ist hier ziemlich weit aufgefasst worden in dem Sinne wie es z. B. Davidson bei Bearbeitung der englischen Brachiopoden that. Eine neue strenge Durchsicht des ganzen umfangreichen palaeontologischen Materials und detaillirtere Theilung der Gattungen und Arten wie sie sehr erwünscht aber bisher nicht ausführbar war, würde gewiss eine noch schärfere Charakterisirung der einzelnen Horizonte ergeben. Es muss noch bemerkt werden, dass in der Tabelle fast alle Ostracoden und der grösste Theil der Trilobiten nicht aufgenommen sind, da sie bisher nicht bearbeitet werden konnten.

wird, genau dieselben Verbreitungsgrenzen, wie letzterer inne hat. Von der Gattung *Endothyra*, welche im unteren Schichtencomplex durch fünf Arten vertreten ist, die alle sehr häufig vorkommen, gehen nur zwei in den oberen hinüber und sind dort nur noch selten und in äusserst geringer Individuenzahl anzutreffen. Dasselbe muss auch von der Gattung *Spirillina* gesagt werden, von deren vier bei uns bekannten Arten, die alle im unteren Complex vorkommen, nur eine einzige, *Spirillina discoidea*, im oberen gefunden wurde und zwar bisher nur an einem Orte, beim Dorfe Romanowka am Bache Wosjma (Kreis Kaschira, Gouvernement Tula) im weissen mergeligen Kalkstein mit *Spirifer Mosquensis*. Der *Archaediscus Karreri*, eine der gewöhnlichsten Foraminiferen der Schichten mit *Productus giganteus*, stirbt mit letzterem gleichzeitig aus, ebenso wie er mit diesem gleichzeitig erschienen ist. Von der Gattung *Bradyina* sind bisher nur zwei Formen bekannt, von denen die eine *Br. nautiliformis* nur zusammen mit *Spirifer Mosquensis*, die andere *Br. rotula* nur im Kalkstein mit *Prod. giganteus* und in dem von Tschernyschina angetroffen worden ist. Mit Hülfe der übrigen organischen Reste, die in beiden Abtheilungen vorkommen, lässt sich nicht so gut eine scharfe Trennung zwischen denselben nachweisen, was wohl hauptsächlich auf der durchgängigen Armuth an Fossilien der Schichten der oberen Abtheilung beruht, in denen nur in einzelnen Bänken dieselben in grösserer Anzahl auftreten, welche aber nur wenigen Formen angehören. Von den Brachiopoden sieht man eine ganze Reihe gleichzeitig mit *Productus giganteus* verschwinden, während viele jedoch, die in den obersten Schichten des Complexes mit *Productus giganteus* neu auftreten, in die obere Abtheilung übergehen. In Folge der Armuth der oberen Abtheilung überhaupt an Fossilien und besonders der im südlichen Theil des Moskauer Beckens angetroffenen, können nur wenige derselben als besonders charakteristisch bezeichnet werden, dazu gehören vor allem ausser *Spirifer Mosquensis* noch *Streptorhynchus eximia*, *Productus aculeatus*, *Amplexus conicus* und *Archaeocidaris rossicus*, welche mit Ausnahme von *Strept. eximia* und *Productus aculeatus* zugleich mit *Spirifer Mosquensis* und *Fusulina cylindrica* von den untersten Schichten der oberen Abtheilung an stets in grosser Anzahl allenthalben auftreten und neben der hier sehr häufigen, aber schon in der unteren Abtheilung vorkommenden *Chonetes varialata*, gewöhnlich die einzigen Fossilien sind, die man antrifft. Alle übrigen aus den Schichten mit *Productus giganteus* in diese herübergekommenen Fossilien, wie *Spirifer trigonalis*, *Spirifer striatus*, *Productus cora*, *Prod. scabriculus*, *Prod. semireticulatus* etc. sind sehr selten und viele in diesem Theil des Moskauer Beckens, wie das aus der Tabelle zu sehen ist, noch nicht angetroffen worden. Aus dem Gesagten geht hervor, dass mit Ausnahme einiger Brachiopoden und anderer Fossilien die Foraminiferen die beste Handhabe für die Trennung der beiden Schichtencomplexe nämlich des mit *Spirifer Mosquensis* und des mit *Productus giganteus* geben. Diese Thatsache ist von Bedeutung, wenn man die Eigenschaft der Foraminiferen, durch längere Perioden hindurch unverändert ihre Gestalt beizubehalten, berücksichtigt. Das plötzliche Verschwinden einer ganzen Reihe derselben und das plötzliche Auftauchen neuer Gattungen und Arten berechtigt daher zur Annahme, dass man es an der betreffenden Stelle, wie hier, an der Grenze zwischen den Schichten mit

Spirifer Mosquensis und *Productus giganteus*, mit einem grösseren Zeitabschnitt zu thun hat.

Was nun jede der beiden Hauptabtheilungen für sich anbelangt, so ist eine Theilung der Schichten der oberen Abtheilung nur petrographisch möglich, da die Verbreitung der in ihnen gefundenen Organismen keine genügenden Anhaltspunkte bisher bietet. Eine schärfere Abgrenzung findet nur zwischen den Kalksteinen und dem bunten roth und grün gefärbten Thon statt, dagegen ist es oft sehr schwer in den über dem Thon liegenden Kalksteinen sich zurecht zu finden. Zu bemerken ist nur, dass *Streptorhynchus eximia* für die oberen Schichten derselben charakteristisch zu sein scheint.

In den Schichten mit *Productus giganteus* sieht man dagegen deutlich drei Horizonte hervortreten, nämlich 1) die Schichten mit *Spirifer trigonalis*, 2) den Kalkstein mit *Productus striatus* und 3) die Stigmarienschichten, von denen jeder einen ihm eigenthümlichen Charakter hat und scharf von den anderen sich unterscheiden lässt. Der unterste dieser Horizonte unterscheidet sich durch das Vorkommen von Pflanzen und zwar ausschliesslich von *Stigmaria ficoides* und von Kohlenflötzen leicht von den beiden übrigen. Besonders eigenthümlich für ihn ist der grosse Reichthum an Gasteropoden und Lamellibranchiaten, von denen über hundert Formen gefunden wurden, darunter eine grosse Zahl neuer. An Korallen enthält dieser Horizont vorherrschend Formen aus den Gattungen *Lithostrotion* und *Syringopora*, von welchen jedoch die meisten in den Horizont mit *Productus striatus* übergehen. Am häufigsten kommt in ihm *Lithostrotion intermedium* vor, der in den Kalksteinen mit *Productus striatus* fehlt. Ausserdem sind als eigenthümlich für diesen Horizont *Axophyllum radicatum*, *Syringopora abdita* und *Smithia Hennahii* hervorzuheben, von denen die beiden letzteren in Westeuropa in devonischen Schichten gefunden sind. Von Brachiopoden gehören ausschliesslich diesem Horizonte an: *Spirifer duplicicosta*, *Spirifer ovalis*, *Productus granulosus* und *Productus latissimus*, während er die meisten anderen entweder mit dem mittleren Horizonte, oder mit den tieferliegenden Kalksteinen von Tschernyschina und der Upa gemein hat. Von letzteren ist besonders die charakteristische kleine *Chonetes cribrosa* zu bemerken, welche in den höheren Schichten nicht vorkommt und leicht zu erkennen ist, desgleichen *Spiriferina octoplicata* und *Chonetes Laguessiana*. In dem mittleren Horizonte sind Gasteropoden etwas seltener, dagegen treten in grosser Arten, und Individuenzahl an ihrer Stelle Korallen auf, von denen alle Schichten desselben überfüllt sind. Ein kleiner Theil derselben ist hierher schon aus dem unteren Horizonte herübergekommen, nur wenige aber gehen in den höheren mit *Spirifer trigonalis* über. Besonders charakteristisch sind *Strephodes Stutshburi* und *Strephodes Murchisoni*, dann *Lonsdalia Bronni*, *Lonsd. rugosa*, *Zaphrentis cylindrica*, *Aulophyllum fungites* und *Heterophyllum grandis*. Mit Ausnahme der letzteren, welche recht selten ist, kommen die anderen alle sehr häufig hier vor. Die Brachiopoden spielen zwar in diesem Horizonte keine hervorragende Rolle, und sind die meisten hierher aus dem unteren herübergekommen, doch sind einzelne recht bezeichnend für denselben, besonders da sie zugleich auch recht häufig vorkommen; dazu gehören vor allen *Productus*

striatus, der nur in diesen Schichten vorkommt und ebenso charakteristisch für dieselben ist wie *Productus giganteus* für die ganze untere Abtheilung, oder *Spirifer Mosquensis* für die obere; er kommt nie, weder in den Schichten mit Stigmarien, noch in denen mit *Spirifer trigonalis*, vor. Dann *Spirifer pectinoides*, *Spir. integricostus*, *Athyris variabilis*, *Terebratula sacculus*, *Cyrtina septosa* und zwei neue *Cyrtina*-Arten, deren früher bei Aufzählung der Fossilien aus den Schichten mit *Productus striatus* erwähnt wurde. Obwohl die grosse Verschiedenheit des unteren und mittleren Horizontes aus dem Gesagten deutlich hervortritt, so sind diese beiden Horizonte doch in vieler Hinsicht wieder eng mit einander verbunden. Zu den auffallendsten in den beiden Horizonten gleich häufig vorkommenden Fossilien gehört *Siderospongia sirensis*, die im oberen Horizonte mit *Spirifer trigonalis* fehlt. Es wurde schon erwähnt, dass viele Korallen besonders aus den Gattungen *Lithostrotion* und *Syringopora* beiden gemeinsam angehören, ebenso auch von den Brachiopoden unter denen *Athyris expansa*, *Comorophoria globulina*, *Productus elegans*, *Productus fimbriatus* und *Chonetes comoides* hervorzuheben sind. Auch mehrere Cephalopoden kommen in beiden Horizonten zugleich vor, wie *Nautilus bilobatus*, *Nautilus excentricus*, *Nautilus tulensis*, *Nautilus planotergatus* und *Cycloceras ornatum*. Besonders bemerkenswerth ist aber das gleiche massenhafte Vorkommen der Foraminiferen in den Schichten beider Horizonte, indem einzelne Schichten fast nur aus den Schalen dieser Thierchen bestehen, wobei beide Horizonte alle dieselben Formen haben, mit Ausnahme von *Cribrostomum gracile* und *Cribr. pyriforme*, welche überhaupt selten sind und bisher nur im unteren angetroffen wurden. Im mittleren Horizonte tritt wiederum öfter eine kleine *Stacheia*-Art zum ersten Male auf. Mit dem Verschwinden des *Productus striatus* verschwindet auch gleichzeitig ein grosser Theil der anderen Formen des unteren und mittleren Horizontes und sehen wir, dass die Schichten des obersten Horizontes mit *Spirifer trigonalis* wieder einen von den unteren ganz verschiedenen Charakter haben. Es treten zwar in diesem Horizonte noch fast alle dieselben Foraminiferen auf, welche in den beiden unteren vorkommen, jedoch nur noch in sehr geringer Individuenzahl. Verhältnissmässig am häufigsten sind sie in den untersten Schichten, dem Trigonaliskalk (obwohl auch in diesem selten, da in vielen Präparaten aus dieser Schicht keine gefunden wurden), dagegen enthält der graue schiefrige Thon garkeine und die oberste Schicht, der weisse dichte und gelbe weiche Kalkstein nur sehr selten welche. Von den Korallen fehlen dem obersten Horizonte fast ganz die Gattungen *Lonsdalia*, *Lithostrotion* und *Syringopora* indem von jeder derselben nur eine Art aus dem unteren in diesen übergeht, dagegen treten an ihre Stelle mehrere *Amplexus*-Arten zugleich mit *Lophophyllum Konnincki*, *Clisiophyllum turbinatum* und *Cyatoxomia cornu* auf. Während aber in den beiden unteren Horizonten die Brachiopoden, mit Ausnahme einzelner Formen, gegen die Korallen und Gasteropoden zurücktreten, nehmen sie in diesem, im Vergleich zu den anderen Fossilien, eine hervorragende Stellung ein, sowohl was die Individuen- als Artenzahl anbetrifft. Einige Lagen des Trigonaliskalks und des grauen schiefrigen Thons bestehen vorwiegend aus den Schalen derselben, viele von ihnen sind jedoch wahrscheinlich neu, oder konnten doch bisher nicht mit Sicherheit mit

schon bekannten Formen identificirt werden, so dass sie in der Tabelle nicht aufgenommen sind. Von den 73 in der Tabelle aus allen Schichten des Carbon genannten Brachiopoden, kommen in dieser allein 39 vor, von denen 26 Formen hier zum ersten Male erscheinen und von denen viele in die oberste Abtheilung mit *Spirifer Mosquensis* übergehen. Zu den charakteristischsten gehören: *Spirifer trigonalis*, *Spirifer striatus*, *Spirifer Urei*, *Athyris ambigua*, *Rhynchonella pleurodon*, *Streptorhynchus radialis*, *Productus costatus*, *Productus lobatus*, *Prod. scabriculus*, *Prod. undatus* und *Prod. Youngianus*. Aus den unteren Horizonten in diesen sind herübergekommen und treten hier in grosser Indiyiduenzahl und meist sehr grossen und schön erhaltenen Exemplaren auf: *Spirifer glaber*, *Orthis resupinata* und *Athyris Puschiana*. Auch von den Cephalopoden erscheinen in diesem Horizonte eine Reihe neuer Formen, wobei zu bemerken ist, dass keine einzige aus den beiden unteren Horizonten in diesen übergegangen ist. Hierher gehören unter Anderen: *Nautilus regulus, Naut. ingens*, *Orthoceras giganteum*, *Gyroceras Meyeranum*, *Goniatites rotatorius* und *Goniatites implicatus*. Sehr charakteristisch für diesen Horizont ist noch die *Phillipsia mucronata*, welche in den beiden unteren Horizonten fehlt, dort jedoch durch andere, bisher noch unbekannt gebliebene Phillipsien ersetzt wird. Endlich muss noch erwähnt werden, dass zuweilen in einzelnen Lagen dieser Schichten und zwar vorherrschend in den obersten in grosser Anzahl Fischreste [1]) vorkommen, leider aber nur Schuppen und Zähne derselben. Dagegen sind dieselben in den beiden unteren Horizonten äusserst selten. In der untersten Schicht, dem Trigonaliskalk kommt öfter *Leptacantus remotus* vor, besonders in den Steinbrüchen in der Umgegend der Stadt Sserpuchow.

In dem obersten Horizonte erscheinen demnach neben einer Reihe Formen, die aus den unteren Schichten in diesen herübergekommen sind, wie das aus der Tabelle zu sehen ist, eine ganze Anzahl neuer Formen, die auch den Schichten der oberen Abtheilung mit *Spirifer Mosquensis* angehören und bildet somit dieser Horizont besonders durch die Brachiopoden ein Uebergangsglied zur oberen Abtheilung, während er wiederum durch die Foraminiferen noch im engsten Zusammenhange mit den Schichten mit *Productus giganteus* bleibt.

Die dritte grössere Abtheilung bildet die kohlenführende Etage. In den oberen beiden Horizonten derselben sind bisher ausser Pflanzenresten keine anderen organischen Reste gefunden worden; sie sind, wie schon erwähnt, nach oben hin im engsten Zusammenhange mit dem sie überlagernden untersten Horizonte des Schichtencomplexes mit *Productus giganteus*, den Stigmarienschichten, welche letztere demnach ein Uebergangsglied von der littoralen Bildung der kohlenführenden Etage zur oceanischen der Schichten mit *Productus striatus* bildet. Ebenso stehen, wie das gezeigt wurde auch die kohlenführenden Schichten nach unten mit den Kalksteinen von Tschernyschina und der Upa in engster Relation. Hier sieht man direkt in horizontaler Richtung wie die littorale Bildung des untersten Horizontes der kohlenführenden Etage

1) Eine Anzahl Fischreste aus den Steinbrüchen von Podmoklowo sind von Romanowskij im Bull. de la soc. des natur. de Moscou 1864, Bd. III beschrieben worden.

durch Kalksteine mit marinen Resten vollständig verdrängt wird. Trotz des nahen Zusammenhanges, in welchem demnach diese untersten Schichten unserer Carbonablagerungen mit denen mit *Productus giganteus* stehen, haben sie doch einen von denselben ganz verschiedenen Charakter. Foraminiferen kommen in ihnen wenig und zwar nur in der obersten Schicht, dem Kalkstein von Tschernyschina vor, nämlich drei *Endothyra*-, drei *Cribrostomum*-Arten und *Tetrataxis conica*. Lamellibranchiaten und Korallen enthalten diese Schichten verhältnissmässig wenig, obwohl einzelne Formen ziemlich häufig sind, dagegen in grösserer Anzahl Gasteropoden und besonders Brachiopoden, von denen *Spiriferina octoplicata*, *Athyris Puschiana*, *Rhynchonella Panderi*, *Productus fallax*, *Prod. Panderi* und *Chonetes nana* zu den charakteristischsten gehören und in sehr bedeutender Individuenzahl auftreten. *Productus giganteus* fehlt in diesen Schichten jedoch vollständig.

Das Gesagte genügt wohl um die Schichtenfolge der Carbonablagerungen im Moskauer Becken zu beweisen und die Theilung desselben in einzelne Horizonte, welche sich kurz folgendermassen zusammenfassen lässt, zu begründen.

I. Oberer Kohlenkalk, Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*. Massenhaftes Auftreten der Fusulinen und Fusulinellen, dann *Spirifer Mosquensis*, *Streptorhynchus eximia*, *Productus aculeatus*, *Amplexus conicus*, *Archaeocidaris rossicus*.

a) Kalkstein, in den oberen Theilen gelb, thonig, weich, meist etwas sandig, zuweilen mit untergeordneten Lagen Feuersteins; in den mittleren gelblichweiss, fest, in den unteren weiss, kreideähnlich, zuweilen in Mergel und Thon übergehend mit mehr oder weniger mächtigen Lagen härteren Kalksteins.

b) rother und grüner Thon, in den oberen Theilen mit Zwischenlagen grünlichgrauen, meist weichen Sandsteins, in den unteren mit mehr oder weniger mächtigen Zwischenlagen weissen, weichen, thonigen oder gelblichweissen harten Kalksteins.

II. Unterer Kohlenkalk. Schichtencomplex mit *Productus giganteus*. Vorherrschen der Gattungen: *Endothyra*, *Cribrospira*, *Spirillina*, *Cribrostomum*, *Tetrataxis* und *Archaediscus*.

1) oberer Horizont. Trigonalisschichten. Wenig Foraminiferen, Lamellibranchiaten und Gasteropoden. Korallen nicht sehr häufig; mehrere *Amplexus*-Arten, *Lophophyllum Konnincki*, *Clisiophyllum turbinatum*, *Cyatoxonia cornu*. Sehr viel Brachiopoden: *Spirifer trigonalis*, *Sp. striatus*, *Sp. Urei*, *Athyris ambigua*, *Streptorhynchus radiatus*, *Productus costatus*, *Prod. lobatus*, *Prod. scabriculus*, *Prod. undatus*, *Prod. Youngianus*, dann *Phillipsia mucronata*, *Nautilus ingens*, *Naut. regulus*, *Orthoceras giganteum*, *Gyroceras Meyeranum*, *Goniatites rotatorius*, *Goniatites implicatus*.

a) weisser dichter und gelber weicher Kalkstein mit untergeordneten Lagen braunen und grauen Kalksteins. Stellenweise ganz, öfter jedoch nur in der obersten Theilen sehr cavernös hart und mit muscheligem Bruch.

b) grauer schiefriger Thon mit Zwischenlagen bräunlichgrauen sandigen und thonigen Kalksteins.

c) grauer Kalkstein, Trigonaliskalk, stellenweise ganz oder nur zum Theil aus Crinoidenresten bestehend.

2) mittlerer Horizont. Kalkstein mit *Productus striatus.* — Sehr viel Foraminiferen, desgleichen Korallen aus den Gattungen: *Strephodes*, *Lonsdalia*, *Lithostrotion* und *Syringopora.* Mollusken meist mit dem unteren Horizonte gemeinsam, ausgenommen: *Productus striatus*, *Spirifer integricastus*, *Spir. pectinoides*, *Athyris variabilis*, *Terebratula sacculus*, mehrerer *Cyrtina*-Arten, *Euomphalus catillus*, *Aviculopecten subfimbriatus*, *Aviculop. Rjazanensis*, *Nautilus tetragonus*, *Orthoceras undulatum*, *Orth. sulcatulum.*

a) weisser weicher poröser Kalkstein, geht nach Westen in grauen oder gelblichgrauen festen Kalkstein über.

b) bräunlich grauer fester Kalkstein.

3) unterer Horizont. Stigmarienschichten. Sehr viel Foraminiferen, Gasteropoden und Lamellibranchiaten. Cephalopoden und Brachiopoden meist gemeinsam mit dem mittleren Horizonte, ausgenommen: *Nautilus Fahrenkolii, Orthoceras acuminatum*, *Orth. vestitum*, *Orth. bicingulatum*, *Orth. scalare*, *Gomphoceras lagena*, *Spirifer duplicicosta*, *Sp. ovalis*, *Productus granulosus*, *Prod. latissimus.* Korallen vorherrschend aus den Gattungen *Lithostrotion* und *Syringopora*, die meisten mit dem mittleren gemeinsam, ausgenommen: *Lithostrotion intermedium*, *Syringopora abddita*, *Axophyllum radicatum* und *Smithia Hennahii.* Von Pflanzenresten nur Stigmarien.

a) obere Stigmarienschicht. Kalkstein mit Stigmarienresten, geht in horizontaler Richtung häufig theilweise oder ganz in Sand und Thon über und enthält dann nesterförmige, meist schwache Kohlenflötze.

b) grauer und buntgefleckter Kalkstein ohne Pflanzenreste.

c) untere Stigmarienschicht. Kalkstein mit Stigmarienresten, der ebenso wie die obere in horizontaler Richtung häufig theilweise oder ganz in Sand und Thon übergeht und stellenweise Kohlenflötze meist von geringer Ausdehnung und Mächtigkeit enthält.

d) grauer Kalkstein ohne Pflanzenreste.

III. Kohlenführende Etage.

1) oberer Horizont. Sand, Thon und Sandstein, meist hellgefärbt, grau, weiss oder gelb. Der Sandstein tritt nur stellenweise auf und geht in horizontaler Richtung oft in Sand und Thon über. Kohlenflötze kommen nur örtlich und in verschiedener Anzahl vor, fehlen häufig auch ganz; sie sind meist schwach, von unbedeutender Ausdehnung und in den seltensten Fällen bauwürdig. Enthält nur Stigmarienreste.

2) mittlerer Horizont.

a) grauer meist dunkler Sand und Thon mit zwei bauwürdigen Kohlenflötzen von sehr bedeutender Ausdehnung. *Stigmarien* und *Lepidodendron*-Arten.

b) gelber meist weicher Sandstein mit *Lepidodendron Veltheimianum* (*Knorria imbricata*).

3) unterer Horizont. Im östlichen Theil aus grauem Sand, Thon und zwei Kohlenflötzen bestehend, geht nach Westen in horizontaler Richtung in Kalkstein mit marinen Resten über, der ebenfalls ein bis zwei Kohlenflötze enthält.

a) Kalkstein von Tschernyschina; *Phillipsia pustulata*, *Phill. Eichwaldi*, *Spirifer centronatus*, *Syringothyris cuspidatus*, *Platyschisma helicoides*, viele Cephalopoden wenig Foraminiferen.

b) Upakalk. Wenig Fossilien, vorherrschend Brachiopoden entweder mit dem Kalkstein von Tschernyschina, oder mit dem der Malewka-Murajewna-Etage, gemeinsam. Keine Foraminiferen.

IV. Uebergangsschichten vom Devon zum Carbon. Malewka-Murajewna-Etage.

a) grauer, gelber und brauner Kalkstein und Thon in abwechselnden Lagen von verschiedener Mächtigkeit. In den obersten Theilen der Kalkstein sehr dünn, plattenförmig. *Cythere tulensis*, viele Fischreste. Brachiopoden meist gemeinsam mit III, 3.

b) oolithischer Kalkstein. *Cythere tulensis*, *Astarte socialis* und andere gemeinsam mit *a*.

Devonische Schichten.

1) Oberes Devon. Dünngeschichteter hellgrauer, gelblichgrauer und weisser theils mergeliger theils harter Kalkstein. *Cythere tulensis*, *Astarte socialis*, *Arca oreliana*, *Spirifer Archiaci*.

2) Mittleres Devon. Gelblich- oder grünlichgrauer, cavernöser dolomitischer Kalkstein mit *Rhynchonella livonica*, *Spirifer Archiaei*, *Athyris concentrica*.

Zum Schlusse halte ich es noch für nöthig einige Worte über die neueste Eintheilung des russischen Kohlenkalks, welche V. v. Möller 1879 [1]) gegeben hatte, zu sagen. Diese Eintheilung ist ausschliesslich auf die oft massenhaft im Kohlenkalk vorkommenden Foraminiferen gegründet, wobei Möller vollkommen von allen anderen in demselben enthaltenen Thierresten abstrahirt, obwohl er sie in dem Register der Fundorte neben den Foraminiferen anführt. Möller unterscheidet im Kohlenkalk folgende drei Abtheilungen:

I. Unterer oder Endothyrenkalk. Entschiedenes Vorherrschen der Endothyren und einiger anderer Foraminiferen, wie *Cribrospira*, *Cribrostomum*, *Tetrataxis* und *Archaediscus*.

1) Mémoires de l'Acad. de St.-Pétersb. T. XXVII, № 5.

II. Mittlerer oder Fusulinellenkalk. Vorwiegende Verbreitung der Fusulinellen und schwache Entwickelung der Fusulinen.

III. Oberer oder Fusulinenkalk. Massenhaftes Auftreten der Fusulinen.

Sieht man die von Möller gegebenen Tabellen und das Register der Fundorte in Bezug auf die anderen in diesen drei Abtheilungen vorkommenden Thierreste genau durch, so ergiebt sich, dass diese drei Abtheilungen für den westlichen Streifen, nämlich das Moskauer Becken und dessen nördliche Fortsetzung durch die Gouvernements Nowgorod, Olonetz und Archangelsk bis zum Weissen Meere, sehr nahe mit den drei von Murschison ursprünglich aufgestellten übereinstimmen. Von der späteren Theilung des Kohlenkalks nur in zwei Abtheilungen, den oberen mit *Spirifer Mosquensis* und den unteren mit *Productus giganteus* unterscheidet sie sich darin, dass Möller speciell die obere Abtheilung in zwei Theile, den Fusulinen- und Fusulinellenkalk trennt. *Productus giganteus* ist in der für den westlichen Streifen gegebenen Tabelle nur in der unteren Abtheilung angeführt, während er in der mittleren und oberen, wo *Spirifer Mosquensis* genannt wird, fehlt. In der Tabelle für den östlichen oder Uralschen Streifen ist *Productus giganteus* in der mittleren Abtheilung zwar angeführt, aber mit der Bemerkung «selten». In dem Register der Fundorte ist auch nur ein einziger Ort, Fluss Mjagkij Kin im Revier Kinowsk genannt, wo *Spirifer Mosquensis* mit *Productus giganteus* gemeinsam in derselben Schicht vorkommen sollen. Bisher fehlen aber weitere Belege dafür, dass diese beiden Fossilien am Ural gleichzeitig gelebt haben und ist daher ein Irrthum auch für den genannten Ort nicht ausgeschlossen. In Bezug auf die bisher übliche Theilung des Kohlenkalks in zwei Abtheilungen den unteren und oberen sagt Möller: «Eine solche Theilung aber ursprünglich auf den westlichen Streifen angewandt und nur auf der vertikalen Vertheilung von zwei Fossilien — *Productus giganteus* und *Spirifer Mosquensis* — gegründet, erweist sich als vollkommen unhaltbar, wenn wir alle Carbonfelder des europäischen Russlands zusammen betrachten. In der That finden wir im westlichen Felde, unter dem eigentlichen Fusulinenkalk, noch einen mächtigen Schichtencomplex anderer Kalksteine, die wenig oder selbst gar keine Fusulinen enthalten, aber noch sehr reich an *Spirifer Mosquensis* sind; diesen Schichtencomplex zählte man bisher zum oberen Kohlenkalk oder verwechselte ihn mit demselben, in Folge der Aehnlichkeit einiger seiner Foraminiferen (Fusulinellen und Hemifusulinen) mit den Fusulinen». Die letztere Angabe ist nun nicht ganz richtig. Es kommen zwar in den unteren Theilen des Complexes mit *Spirifer Mosquensis* mehr oder weniger bedeutende Schichten vor, die wenige oder selbst gar keine Fusulinen enthalten, doch treten wieder unter ihnen öfter Schichten auf, in denen diese Foraminifere in sehr grosser Anzahl vorkommt, wie dies das schon (Seite 7) angeführte Beispiel vom Steinbruch bei Kamenka an der Istja lehrt. Hier ist in den oberen Lagen keine einzige *Fusulina*, sondern nur *Fusulinella Bocki* und *Cribrostomum patulum* gefunden worden, während in der untersten Lage *Fusulina cylindrica* in sehr grosser Anzahl vorkam. Wäre nun die gegenseitige Lage der Schichten in Kamenka nicht mit vollkommener Sicherheit be-

kannt, sondern dieselben an verschiedenen Orten angetroffen worden, so würde man auf Grundlage der von Möller gegebenen Eintheilung des Kohlenkalks zu der irrigen Auffassung gelangen, dass die oberen Schichten zur mittleren und die unteren zur oberen Abtheilung gehören. Es tritt aber auch in den alleruntersten Theilen des Complexes mit *Spirifer Mosquensis*, nur durch eine dünne Lage rothen Thons von den Schichten mit *Productus giganteus* getrennt, *Fusulina cylindrica* oft massenhaft auf, so dass der Kalkstein an diesen Stellen fast nur aus den Schalen dieser Foraminifere zu bestehen scheint, wie dies unter Anderem am Bache Besputa bei Milino, Litschinkina, Toloknejewa und Sresnewo (Seite 11) der Fall ist.

Vergleicht man die von Möller für die obere seiner Abtheilungen gegebene Charakteristik der Schichten mit der detaillirter gegebenen der mittleren Abtheilung, so ergiebt sich die volle Identität jener mit den Schichten *c*, *d* und *e* des Fusulinellenkalks. Auch die in beiden Abtheilungen genannten Fossilien, sowohl die Foraminiferen, als andere Reste zeigen keine irgend wesentlichen Unterschiede. Gemeinsam beiden Abtheilungen sind:

Fusulina cylindrica Fisch.
Bradyina nautiliformis Möll.
Endothyra crassa Brady.
Fusulinella sphaeroidea Ehrenbg.
» *Bradyi* Möll.
Cribrostomum Bradyi Möll.
» *patulum* Brady.
Tetrataxis conica Ehrenbg.
Lithostrotion Portlocki Bronn.
Lonsdalia floriformis Flem.
Amplexus conicus Fisch.
Productus longispinus Sow.
» *semireticulatus* Mart.
Productus cora Orb.
Productus punctatus Mart.
» *scabriculus* Mart.
Chonetes varialata Orb.
Orthis resupinata Mart.
Syntrilasma Lamarkii Fisch.
Streptorhynchus crenistria Phill.
Spirifer Mosquensis Fisch.
» *glaber* Mart.
» *lineatus* Mart.
» *trigonalis* Sow.
Conocardium Uralicum Vern.
Allorisma regularis King.
Archaeocidaris rossicus Buch.

Folgende in der oberen Abtheilung von Möller erwähnten Foraminiferen sind jede bisher nur an je einem Orte angetroffen worden und sind daher so selten, dass sie die Schicht in der sie gefunden wurden nicht charakterisiren können, nämlich:

Nummullina antiquior R. u. V.
Schwagerina princeps Ehrenbg.
Fusulina Bocki Möll.
Stacheia pupoides Brady.
» *marginuloides* Brady.

Dasselbe muss auch von der *Hemifusulina Bocki*, die nur in der mittleren Abtheilung genannt ist, gesagt werden. Die folgenden Fossilien der oberen Abtheilung sind theilweise in der unteren Abtheilung I von Möller angeführt, theilweise kann man sie in der von mir

hier beigegebenen Tabelle als in dem Schichtencomplex mit *Productus giganteus* vorkommend finden, nämlich:

Endothyra Bowmani Phill.
Syringopora reticulata Goldf.
» *distans* Fisch.
Productus pustulosus Phill.
Rhynchonella pleurodon Phill.
Spirifer striatus Mart.
Euomphalus catillus Mart.
Bellerophon decussatus Flem.
» *Urei.*
Orthoceras Polyphemus Fisch.
Nautilus excentricus Eichw.

Die noch übrig gebliebenen Fossilien der oberen Abtheilung, unter denen eine ganze Reihe Bryozoen u. Crinoidenarten genannt sind, mit Ausnahme von *Streptorhynchus eximia* Eichw., *Productus tuberculatus* Möll., *Productus Villiersi* Orb., sind wenig charakteristisch. Von den drei Fossilien *Streptorhynchus eximia*, *Productus tuberculatus* und *Productus Villiersi* ist bisher nur die erstere im südlichen Theil des Moskauer Beckens gefunden worden. Diese Formen scheinen in der That bloss in den höheren Schichten des Complexes mit *Spirifer Mosquensis* vorzukommen und zwar ist *Streptorhynchus eximia* in dem Kalkstein vom Bache Loschatowka und dem bei den Dörfern Wysokoje, Kljemowo etc. gefunden, der mit dem gelblichweissen Kalkstein von Ssemenkowa identisch ist, welcher letztere nach Möller der mittleren Abtheilung angehört.

Aus dem oben angeführten Citat aus Möller's Schrift und aus der von ihm gegebenen Tabelle geht noch hervor, dass er bei seiner Eintheilung des Kohlenkalks ein bedeutendes Gewicht auf die quantitative Menge der in den einzelnen Abtheilungen vorkommenden Foraminiferengattungen legte. Dies erklärt den Umstand, warum Möller z. B. den Kalkstein von Kopatschewo[1]) (Kreis Cholmogorsk, Gouvernement Archangelsk) zur oberen Abtheilung und den von Sserebrjannyje Prudy[2]) (Kreis Wenew, Gouvernement Tula) zur mittleren Abtheilung rechnet, da die Fossilien in beiden mit wenigen Ausnahmen die nämlichen sind und an beiden Orten ein weisser Kalkstein auftritt. Zum Vergleich führe ich die von Möller gegebenen Fossilien aus beiden Orten hier nebeneinander an:

1) Kopatschewo.	2) Sserebrjannyje Prudy.
Fusulina cylindrica.	*Fusulina cylindrica* (sehr selten).
Bradyina nautiliformis.	*Bradyina nautiliformis.*
Cribrostomum patulum.	*Cribrostomum patulum.*
Fusulinella sphaeroidea.	*Fusulinella sphaeroidea.*
» *Bradyi.*	» *Bradyi.*
Spirifer Mosquensis.	*Spirifer Mosquensis.*
Archaeocidaris rossicus.	*Nodosinella tenuis.*

1) l. c. Seite 84.

2) l. c. Seite 95.

Endothyra crassa.
Productus semireticulatus.
» *punctatus.*
Tetrataxis conica.
Spirifer lineatus.
Conocardium Uralicum.

Die vier letzten Fossilien aus Kopatschewo nennt Möller auch unter den Fossilien der mittleren Abtheilung, ebenso wie die drei letzten aus Sserebrjannyje Prudy auch im Fusulinenkalk vorkommen. Demnach wäre *Nodosinella tenuis* das einzige Fossil aus Sserebrjannyje Prudy, welches in der Tabelle von Möller nicht in der oberen Abtheilung genannt ist, dasselbe kommt aber mit *Fusulina cylindrica* (massenhaft) gemeinsam im Steinbruch von Kamenka vor. Die einzige Verschiedenheit besteht demnach darin, dass in Kopatschewo *Fusulina cylindrica* in grösserer Menge vorkommt, als in Sserebrjannyje Prudy. Wie weit eine darauf basirte Theilung berechtigt ist, selbst bei der Annahme, dass die Foraminiferen in denselben Schichten überall gleichmässig vertheilt sind, will ich nicht weiter untersuchen, jedenfalls ist aber die Verwerthung einer solchen Theilung eine äusserst schwierige und grosser Willkür der einzelnen Forscher unterworfen. Nun sind aber die Foraminiferen in einer und derselben Schicht nicht überall gleichmässig vertheilt, noch weniger aber in einem ganzen Schichtencomplex. Ich habe die Beobachtung mehrfach gemacht, dass in einzelnen Gegenden eine Foraminiferengattung vollständig fehlte oder nur sehr selten vorkam in einer Schicht, welche in einem anderen Theile des Beckens Formen derselben Gattung in sehr grosser Anzahl enthielt. Die Ungleichmässigkeit der Vertheilung der Foraminiferen geht jedoch noch weiter, so dass in Dünnschliffen aus einer und derselben Gesteinprobe, an verschiedenen Stellen genommen, die quantitative Menge einer Form ganz verschieden ist. So fand ich in einem Theile einer Gesteinprobe aus Roshestwenno (Kreis Alexin, Gouvernement Tula) in sehr grosser Anzahl *Endothyra crassa*, in mehreren grossen Dünnschliffen, aus demselben Stück angefertigt, fanden sich jedoch entweder nur ganz vereinzelte Exemplare dieser Form, oder gar keine.

Wie Möller[1]) selbst sagt, hatte er einen grossen Theil der Angaben über die Stratigraphie des westlichen Streifens von mir erhalten. Bis zum Jahre 1879 hatte ich aber nur an wenigen Stellen in den Gouvernements Rjasan und Tula die Schichten mit *Spirifer Mosquensis* getroffen. Der grösste Theil meiner Aufnahmen umfasste damals ein Gebiet, wo vorwiegend tiefer liegende Schichten auftreten. Die wenigen Gesteinsproben, welche ich ihm damals geben konnte aus Schichten mit *Spirifer Mosquensis*, waren zufällig sehr arm an Fusulinen und einzelne davon, wie der grüne Thon von Aljutowa sehr reich an Fusulinellen. Dieser Umstand und das Auffinden, in ähnlichen Schichten in den Gouvernements Nowgorod und Moskau, ebenfalls vorherrschend Fusulinellen, veranlassten ihn die mittlere Abtheilung, oder den Fusulinellenkalk als selbstständigen Horizont aufzustellen. Die Schrift von Möller war jedoch die Veranlassung, dass ich in der Folge auf die Vertheilung der Foraminiferen

1) l. c. Seite 105.

in den einzelnen Schichten genauer achtete und dadurch erst in den Stand gesetzt wurde den Nachweis zu liefern, dass der Fusulinellenkalk keinen selbstständigen Horizont bildet.

Auf eine mir nicht ganz erklärliche Weise hat sich in der Reihenfolge der Schichten der mittleren Abtheilung II *c*, *d*, *e*, die Möller von mir erhalten hatte, ein Irrthum eingeschlichen. Es liegt nämlich die Schicht II *d*. «Weisser oder gelblichgrauer, mehr oder weniger dünngeschichteter Kalkstein mit Thonzwischenlagen», zu der die Kalksteine an der Istja gehören, über der Schicht II *e* «Grüne und rothe Mergel und Thone mit untergeordneten Lagen weichen Sandsteins und thonigen Kalksteins», von Aljutowa und der Schlucht Smerdjak. Aus der Schicht II *e* muss der Kalkstein von Semenkowa ausgeschlossen werden, welcher, wie nachgewiesen wurde, über den Kalksteinen an der Istja, also über II *d* liegt. Desgleichen gehören die Kalksteine am Flusse Lopassnja wahrscheinlich einem höheren Horizonte an, da Ignatjew in denselben beim Dorfe Kubasowka (Kreis Sserpuchow, Gouvernement Moskau) *Spirifer Mosquensis* Fisch., *Streptorhynchus crenistria* Phill., *Streptorhynchus eximia* Eichw., *Chonetes Hardrensis* Phill., *Chonetes varialata* Orb., *Archaeocidaris rossicus* Buch, *Fusulina prisca* Ehrenbg., *Fusulinella sphaeroidea* Ehrenbg. und *Bradyina nautiliformis* Möll. fand.

Durch die Vereinigung des Fusulinellenkalks mit der oberen Abtheilung dem Fusulinenkalk, gelangen wir wenigstens für den westlichen Streifen, wieder zur früheren Theilung unseres Kohlenkalks in zwei Hauptabtheilungen, die obere mit *Spirifer Mosquensis* und die untere mit *Productus giganteus,* und ist diese, scheinbar nur auf die verticale Vertheilung der genannten zwei Fossilien basirte Theilung, gerade durch Möller's Arbeiten über die Foraminiferen noch mehr begründet worden.

Tabelle über die verticale Verbreitung der im südlichen Theil des Moskauer Beckens gefundenen palaeozoischen Fossilien.

	Devon.	Devono-Carbon.	Carbon.											
		Malewka-Murajewna-Etage.	Kohlenführende Etage.				Schichtencomplex mit *Productus giganteus*.						Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*.	
			Horizonte.				Horizonte.							
			unterer.		mittl.	oberer.	unterer.	mittl.	oberer.					
	Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tscherny-schina	Sand u. Thon mit Kohlenflötzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenflötzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Productus striatus*.	Trigonalis-kalk.	Grauer schiefriger Thon.	Weisser dichter und gelber mergeliger kalkstein.	Rother und grüner Thon mit Sandstein und Kalkeinlagen.	Gelber, weisserfeiner und weisser mergeliger Kalkstein.	
Leptacantus remotus Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Cladodus simplex Ag.	..	..	+											
» *obtusus* Trtsch.	..	..	+											
» *primigenius* Trtsch.	..	..	+											
» *divaricatus* Trtsch.	..	..	+											
Orodus tumidus Trtsch.	..	..	+											
» *excentricus* Trtsch.	..	..	+											
» *sublaevis* Trtsch.	..	..	+											
Helodus aversus Trtsch.	..	..	+											
» *gibberulus* Ag.	..	..	+											
» *contractus* Trtsch.	..	..	+											
» *cf. dentatus* Romanowskij [1]).	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+*			
Psammodus porosus Ag.	..	..	+											
» *inflexus* Trtsch.	..	..	+											
» *linearis* Ag.	..	..	+											
Phillipsia mucronata M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+			
» *pustulata* Schlth.	..	..	..	..	+									
» *Eichwaldi* Fisch.	..	..	.	..	+									
Bairdia curta M'Coy.	..	..	..	+	+									
Leperditia nigrescens Eichw.	..	..	+	..	..	..	+							
Cythere tulensis Sem. u. Möll.	+	+	+											
Nautilus regulus Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *ingens* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *bicarinatus* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *excentricus* Eichw.	..	..	..	..	..	..	+	+						
» *tulensis* Brbt.	..	..	..	..	..	..	+	+						
» *bilobatus* Sow.	..	..	..	..	..	..	+	+						
» *planotergatus* M'Coy.	..	..	..	..	..	..	+	+						
» *tetragonus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Fahrenkohlii* Fisch.	..	..	..	..	..	..	+							
» *carinatus* Eichw.	..	..	..	..	+									
» *hesperis* Eichw.	..	..	..	+										

1) Eine grössere Anzahl Fischreste sind aus dem oberen Horizonte des Schichtencomplexes mit *Productus giganteus* aus Podmoklowo von Romanowskij Bull. de la soc. des natur. de Moscou 1864, III beschrieben worden.

2) Die mit einem (*) bezeichneten Fossilien waren in der entsprechenden Schicht in dem früher gegebenen Verzeichniss genannt.

	Devon.	Devono-Carbon.		Carbon.											
		Malewka-Murajewna-Etage.		Kohlenführende Etage.				Schichtencomplex mit *Productus giganteus.*						Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis.*	
				Horizonte.				Horizonte.							
				unterer.		mittl.	oberer.	unterer.	mittl.	oberer.					
		Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tschernyschina.	Sand u. Thon mit Kohlen-Hötzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenflötzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Productus striatus.*	Trigonalis-kalk.	Grauer schiefriger Thon.	Weisser dichter und gelber weicher Kalkstein.	Rother und grüner Thon mit Sandstein und Kalksteinlagen.	Gelber, weisserfester und weicher mergeliger Kalkstein.	
Orthoceras giganteum Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *Polyphemus* Fisch.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *undulatum* Sow.	..	..	..	..	..	..	.	..	+						
» *acuminatum* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *vestitum* Fisch.	.	..	..	..	..	..	..	+							
» *undatum* Flem.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *bicingulatum* Sandb.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *laterale* Phill.	..	..	..	..	+	..	.	+							
» *scalare* Goldf.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *sulcatulum* M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *planiseptatum* Sandb.	..	..	..	+											
» *Helmerseni* Pacht	+	..	+												
Gomphoceras lagena Eichw.	.	..	..	..	..	..	..	+							
» *hesperis* Eichw.	..	..	..	..	+										
» *trochoides* Fisch.	..	..	..	..	+										
Gyroceras Meyeranum Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Cyrthoceras Gesneri Mart.	..	..	..	+	..	..	..	+							
» *depressus* Goldf.	..	..	..	..	+										
» *subcostatus* Eichw.	..	..	..	..	+										
» *affine* Eichw.	..	..	..	..	+										
» *decrescens* Eichw.	..	..	..	..	+										
» *subdepressus* Eichw.	..	..	.	..	+										
» *multiseptatum* Flem.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Cycloceras ornatum Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+	+						
Goniatites rotatorius Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *implicatus* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Natica Omaliana Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	..	..	+			
Naticopsis carbonarius Brbt.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *mammilaris* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *ventricosus* N. u. P.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *nana* M. u. W.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Macrocheilus conspicua Kon.	..	..	..	..	.	..	..	+	..	+					
» *laevis* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *ventricosus* Hall.	..	..	..	+	.	..	..	+							
Actaeonina minuta Stevens.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *nana* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *carbonaria* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Cylindrites carbonarius Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Polyphemopsis primordialis Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *inornata* M. u. W.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Anomphalus rotulus M. u. W.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Microdoma basalis Eichw.	..	..	..	..	..	.	..	+							
» *serrilimba* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Littorina biserialis Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Trochus tulensis Brbt.	..	..	..	..	..	..	..	+							
Ampullacera tabulata Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *humilis* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+			
Loxonema anglica d'Orb	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *elongata* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	.	..	+	
» *laevigata* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+							
» *Lefeburei* Lev.	..	..	..	..	+	..	..	+							

	Devon.	Devono-Carbon. Malewka-Murajewna-Etage.		Carbon. Kohlenführende Etage. Horizonte. unterer.		mittl.	oberer.	Schichtencomplex mit *Productus giganteus*. Horizonte. unterer.	mittl.	oberer.			Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*.	
		Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tschernyschina.	Sand u. Thon mit Kohlenflötzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenflötzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Productus striatus*.	Trigonaliskalk.	Grauer schiefriger Thon.	Weisser dichter und gelber weicher Kalkstein.	Rother und grüner Thon mit Sandstein und Kalksteinlagen.	Gelber, weisser fester und weicher mergeliger Kalkstein.
Loxonema rugifera Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	..	..	..	..	+
» *subconstricta* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *turbinato-conica* Goldf.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Pleurotomaria concentrica Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *cingulata* Goldf.	..	..	..	+	+	..	..	+						
» *communis* Kon.	..	..	..	..	+									
» *Griffithii* M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+				
» *laevis* M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *linteata* Goldf.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *microcosmus* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *nana* Eichw.	..	..	.	..	..	..	..	+						
» *nitida* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *scripta* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *vittata* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *substriata* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Murchisonia abbreviata Sow.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *acus* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *angulata* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *archiaciana* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *elongata* Prtl	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *gracilis* Goldf.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *inornata* M. u. W.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *percincta* Prtl.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *spiculum* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *spirula* Eichw.	..	.	..	..	..	..	..	+						
» *striatula* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *taeniata* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Platyschisma helicoides Sow.	..	..	..	..	+									
Phanerotinus cristatus Phill.	..	..	..	+	+									
Euomphalus crotolostomus	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *catillus* Mart.	..	..	..	..	..	.	..	..	+					
» *cochleatus* Sem. u. Möll.	..	..	+	+	+	..	..	+						
» *elegans* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Dionysii* Mntf.	..	..	..	+	+	..	..	+	+					
» *fallax* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *minutus* Kon.	..	..	+	+	+	..	..	+						
» *pileopsideus* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *subrugosus* M. u. W.	..	..	..	..	..	..	.	+						
» *tabulatus* Phill.	..	..	..	..	..	.	..	..	..	..	..	..	..	+
» *tuberosus* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *transiens* Kon.	..	..	..	+	..	..	..	+						
Porcellia nodosa Hall.	..	..	..	..	+	..	..	+						
Bellerophon decussatus Flem.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *dorsualis* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Dumonti* d'Orb.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Urei* Flem.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *cf. lineatus* Goldf.	..	..	+											
Dentalium priscum Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	..	..	..	..	+
» *ornatum* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Capulus vetustus Kon.	..	..	..	+	+									
Metoptoma disciformis Münst.	..	..	+	..	+									

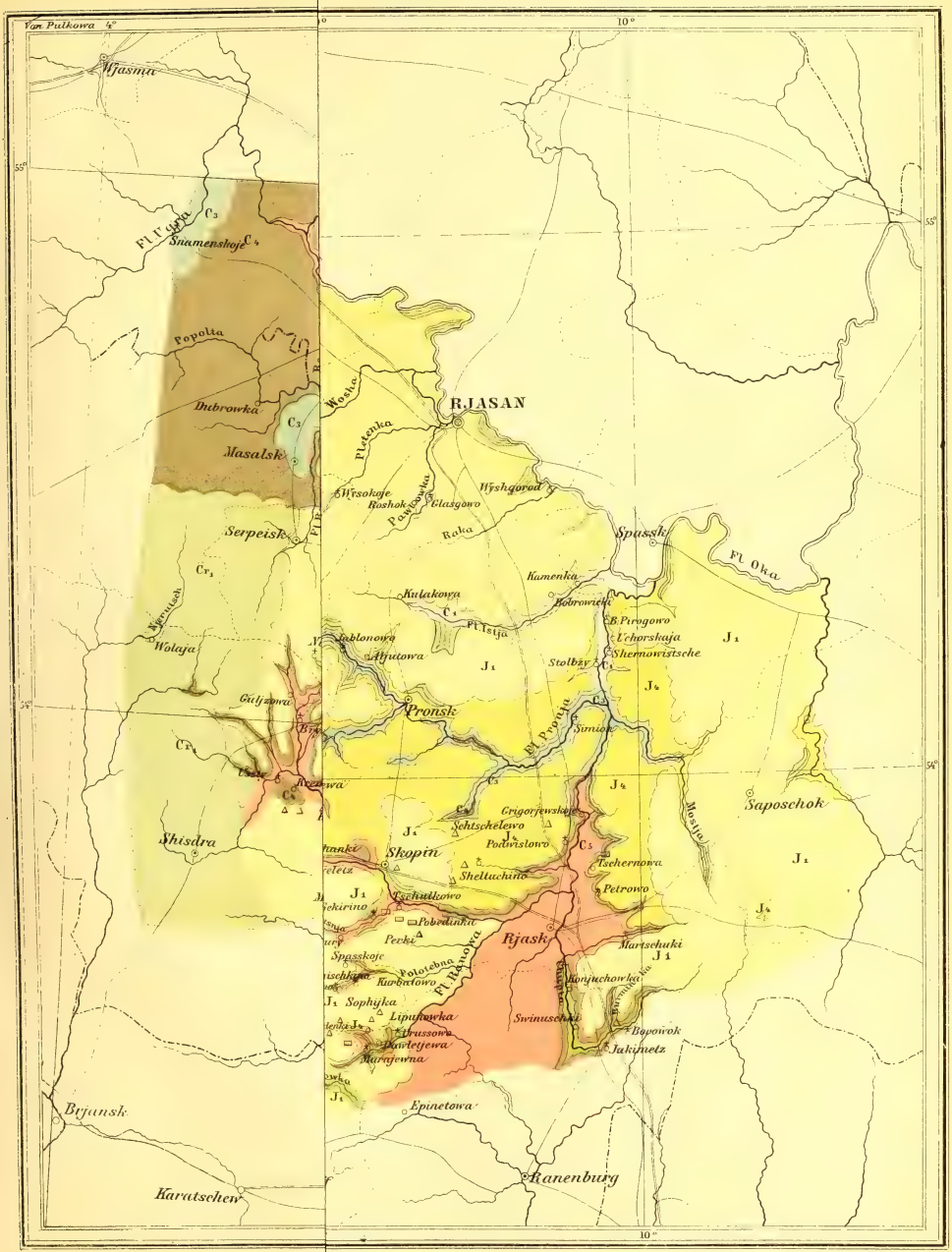
	Devon.	Devono-Carbon. Malewka-Murajewna-Etage.		Carbon. Kohlenführende Etage. Horizonte. unterer.		mittl.	oberer.	Schichtencomplex mit *Productus giganteus*. Horizonte. unterer.	mittl.	oberer.			Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*.	
		Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tscherny-schina.	Sand u. Thon mit Kohlen-flötzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenflötzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Productus striatus*.	Trigonalis-kalk.	Grauer schie-friger Thon.	Weisser dichter und rother Kalkstein.	Rother und grauer Thon mit Sandstein und Kalksteinlagen.	Gelber, weisser fo-rainiferenführender mergeliger Kalk-stein.
Solen siliquoides Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Sanguinolaria undata Prtl.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
Allorisma regularis King.	..	..	..	.	..	..	..	..	+	+	..	+		
» *sulcata* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	..	+		
Cypricardia rectangularis M'Coy	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *striato lamellosa* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *rhombea* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Conocardium alaeforme Sow.	..	..	.	+	+	..	..	+						
» *Uralicum* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
Solemya Puzosiana Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+				
» *primaeva* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	..	..	+		
Edmondia unioniformis Phill.	..	..	..	..	+	..	..	..	+	..	..	+		
Megalodon transversa d'Orb.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *suboblongus* Vern.	..	..	+											
Nucula cardiiformis Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *lineata* Phill.	..	..	+											
Leda leiorhynchus M'Coy.	..	..	..	..	..	..	.	+						
Arca Lacordaereana Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *oreliana* Vern.	+													
» sp. (*oreliana* Sem. u. Möl.)	..	+	+	..	..	..	..	+						
Astarte socialis Eichw.	+	+												
Pinna flexicostata M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+				
Aviculopecten segregatus M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+				
» *coelatus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *sibericus* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *subfimbriatus* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *Ryazanensis* Brbt.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *ellipticus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Valdaicus* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Leonis* Sem. u. Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Helmersenі* Sem. u. Möll.	..	..	+	..	+									
Terebratula hastaeformis Kon.	..	..	..	..	+	..	..	..	+					
» *bursa* Eichw.	..	..	..	+										
» *sacculus* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *sulcisinuata* Sem.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+	+			
Spirifer bisulcatus Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *centronatus* Winch.	..	..	..	..	+									
» *clatratus* M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *crassus* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *duplicicostus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *glaber* Mart.	..	..	+	+	+	..	..	+	+	+	+	+		
» *integricostus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *lineatus* Mart.	..	..	..	..	..	..	.	+	+	+	+	+	..	+
» *Mosquensis* Fisch.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
» *ovalis* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *pectinoides* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *striatus* Mart.	.	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+			
» *trigonalis* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		
» *Urei* Flem.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+			
» *inflatus* Schn.	..	..	+	+										
» sp. (*Anosoffi* Sem. u. Möll.)	..	..	+											

	Devon.	Devono-Carbon.		Carbon.											
		Malewka-Murajewna-Etage.		Kohlenführende Etage.				Schichtencomplex mit *Productus giganteus*.					Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*.		
				Horizonte. unterer.		mittl.	oberer.	Horizonte. unterer.	mittl.	oberer.					
		Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tscherny-schina.	Sand u. Thon mit Kohlenflötzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenflötzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Productus striatus*.	Trigonalis-Kalk.	Grauer schiefriger Thon.	Weisser dichter und gelber weicher kalkstein.	Rother und grüner Thon mit Sandstein und Kalksteinlagen.	Gelber, weisserdester und weicher mergeliger Kalkstein.
Spirifer Archiaci Murch.	+													
Spiriferina octoplicata Sow.	..	+	+	+	+	..	..	+						
Syringothyris subconica Mart.	..	..	.	..	..	..	..	..	..	+	..	+		
» *cuspidata* Sow.	..	..	..	..	+									
Athyris ambigua Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		
» *Bloedeana* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+		
» *Puschiana* Vern.	..	..	+	+	+	..	..	+	+	+	+	+		
» *planosulcata* Phill.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	+			
» *variabilis* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *expansa* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *subpyriformis* Sem. u. Möll.	..	..	+	..	+	..	..	+						
» *pectinata* Sem. u. Möll.	..	..	+	+	+									
» *concentrica* Buch.	+													
Cyrtina septosa Phill.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Retzia tulensis Pand.	..	..	+	+										
Rhynchonella pleurodon Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+	+	+		
» *pugnus* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	+		
» *reniformis* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *Panderi* Sem. u. Möll.	..	+	+	+	+									
» *livonica* Buch.	+													
Orthis resupinata Mart.	..	..	+	+	+	..	..	+	+	+	+	+	+	+
» *Michelini* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+				
Streptorhynchus crenistria Phill.	..	+	+	+	+	..	..	+	+	+	+	+	+	+
» *eximia* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+
» *radialis* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+			
Strophomena analoga Phill.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *rhomboidalis* Wilk.	..	..	..	..	+									
Comorophoria globulina Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
Productus aculeatus Mart.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+
» *costatus* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		
» *carbonarius* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *cora* d'Orb.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	+	+
» *concinnus* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+		
» *elegans* M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *fallax* Pand.	..	..	+	+	+									
» *fimbriatus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *giganteus* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	+	+		
» *granulosus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Leuchtenbergensis* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+		
» *lobatus* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		
» *longispinus* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *latissimus* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *Martini* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	..	+
» *Panderi* Auerb.	..	..	+	+										
» *punctatus* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+	+	+		
» *pustulosus* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+		
» *scabriculus* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		
» *semireticulatus* Mart.	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	..	..	+	+
» *striatus* Fisch.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *tubarius* Keys.	..	..	..	..	+	..	..	+	+					
» *undatus* Defr.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		

	Devon.	Devono-Carbon. Malewka-Murajewna-Etage.		Carbon. Kohlenführende Etage. Horizonte. unterer.		mittl.	oberer.	Schichtencomplex mit *Productus giganteus*. Horizonte. unterer.	mittl.	oberer.			Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*.	
		Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tschernyschina.	Sand u. Thon mit Kohlenflötzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenflötzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Pyroductus striatus*.	Trigonalis-kalk.	Grauer schiefriger Thon.	Weisser dichter und gelber weicher Kalkstein.	Rother und grüner Thon und Sandstein und Kalksteinlagen.	Gelber, weisser fester und weicher mergeliger Kalkstein.
Productus Youngianus David	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+		
Chonetes comoides Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *cribrosa* Eichw.	..	..	..	+	+	..	..	+						
» *Laguessiana* Kon.	..	..	..	+	+	..	..	+						
» *nana* Vern.	..	+	+	+										
» *papilionacea* Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	..	..	+		
» *variolata* d'Orb.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	+	+
Discina nitida Phill.	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+				
Spirorbis omphalodes Goldf.	+	..	+											
Serpula devonica Pacht.	+	..	+											
Archaeocidaris rossicus Buch.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
Fenestella devonica Sem. u. Möll.	..	..	+											
Lonsdalia floriformis Flem.	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+				
» *Bronni* E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *rugosa* E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Lithostrotion Portlocki E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *concameratum* Keys.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *irregulare* E. H.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *intermedium* Eichw.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *junceum* Flem.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *Martini* E. H.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
Strephodes Stuchburi E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *Murchisoni* E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Zaphrentis cylindrica Sculer.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *cf. Omaliusi* E. H.	..	..	..	..	+									
» *Noeggerathi* E. H.	..	..	+											
Amplexus conicus Fisch.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
» *arietinus* Keys.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *robustus* Kon.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *excavatus* E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *coralloides* Sow.	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+				
» *Henslowi* E. H.	..	..	..	..	+	..	..	+						
Cyathophyllum paracida M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
» *caespitosum* Goldf.	..	..	+											
Syringopora distans Fisch.	..	..	..	+	..	..	..	+	+	+	..	..	..	+
» *reticulata* Goldf.	..	..	..	+	+	..	..	+	+					
» *gracilis* Keys.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *parallela* Fisch.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
» *ramulosa* Goldf.	..	..	..	..	+	..	..	+	+					
» *abdita* Vern.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Aulophyllum fungites E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Heterophyllum grandis M'Coy.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Clisiophyllum turbinatum E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
Lophophyllum Konninckii E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
Cyatoxonia cornu E. H.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+				
Axophyllum radicatum Kon.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Michelinia megastoma	..	..	+	+	+									
Smithia Hennahii Lonsd.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Siderospongia sirensis Trtsch.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
Bradyina rotula Eichw.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	+		
» *nautiliformis* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+

	Devon.	Devono-Carbon. Malewka-Murajewna-Etage.		Carbon. Kohlenführende Etage. Horizonte. unterer.		mittl.	oberer.	Schichtencomplex mit *Productus giganteus*. Horizonte. unterer.	mittl.	oberer.			Schichtencomplex mit *Spirifer Mosquensis*.	
		Oolitischer Kalkstein.	Plattenförmiger Kalkstein.	Upakalk.	Kalkstein von Tschernyschina.	Sand u. Thon mit Kohlen-Hölzen.	Sandstein, Sand und Thon mit Kohlenhölzen.	Kalkstein mit Stigmarien.	Kalkstein mit *Productus striatus*.	Trigonalis-kalk.	Grauer schiefriger Thon.	Weisser dichter und gelber weicher Kalkstein.	Rother und grauer Thon mit Sandstein und Kalksteinlagen.	Gelber, weisser feinkörniger und weicher mergeliger Kalkstein.
Fusulina cylindrica Fisch.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
» *prisca* Ehrenbg.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+*	
Fusulinella Bocki Möll.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+
» *sphaeroidea* Ehrenbg.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
» *Bradyi* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	
» *Struvii* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	+	+		
Cribrospira Panderi Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
Endothyra crassa Brady.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	+	+*	
» *Bowmani* Phill.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	+		
» *globulus* Eichw.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	+		
» *parva* Möll.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	+		
» *Panderi* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
Spirillina discoidea Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+*	..	..	..	..	..	+
» *plana* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	..	+		
» *subangulata* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
» *irregulare* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Cribrostomum elegans Möll.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	+
» *patulum* Brady	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	..	..	+	+
» *Bradyi* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	..	+	+*	
» *commune* Möll.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	..	+*	
» *eximium* Eichw.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	+		
» *textulariforme* Möll.	..	..	..	..	+	..	..	+	+					
» *gracile* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+						
» *pyriforme* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+						
Tetrataxis conica Ehrenbg.	..	..	..	..	+	..	..	+	+	+	..	+	+*	
» *gibba* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+				
Nodosinella index Ehrenbg.	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	..	+	..	+
» *tenuis* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	..	+*	..	..	..	+*	
» *Lahuseni* Möll.	..	..	..	..	..	..	..	+	+					
Archaediscus Karreri Brady	..	..	..	..	..	..	..	+	+	+	+	+		
Saccamina Carteri Brady	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	..	+		
Stacheia sp.	..	..	..	..	..	..	..	..	+					
Stigmaria ficoides Brgnd.	..	..	..	..	..	+	+	+						
Lepidodendron tenerrimum Trtsch.	..	..	..	..	..	+								
» *undatum* Trtsch.	..	..	..	..	..	+								
» *Olivieri* Eichw.	..	..	..	..	..	+								
» *Veltheimianum* Ehrb.	..	..	..	..	..	+								

nbeckens



Kreide
Senoman
Cr1

Malewka
Murajewna Etage

Devon
oberes
unteres

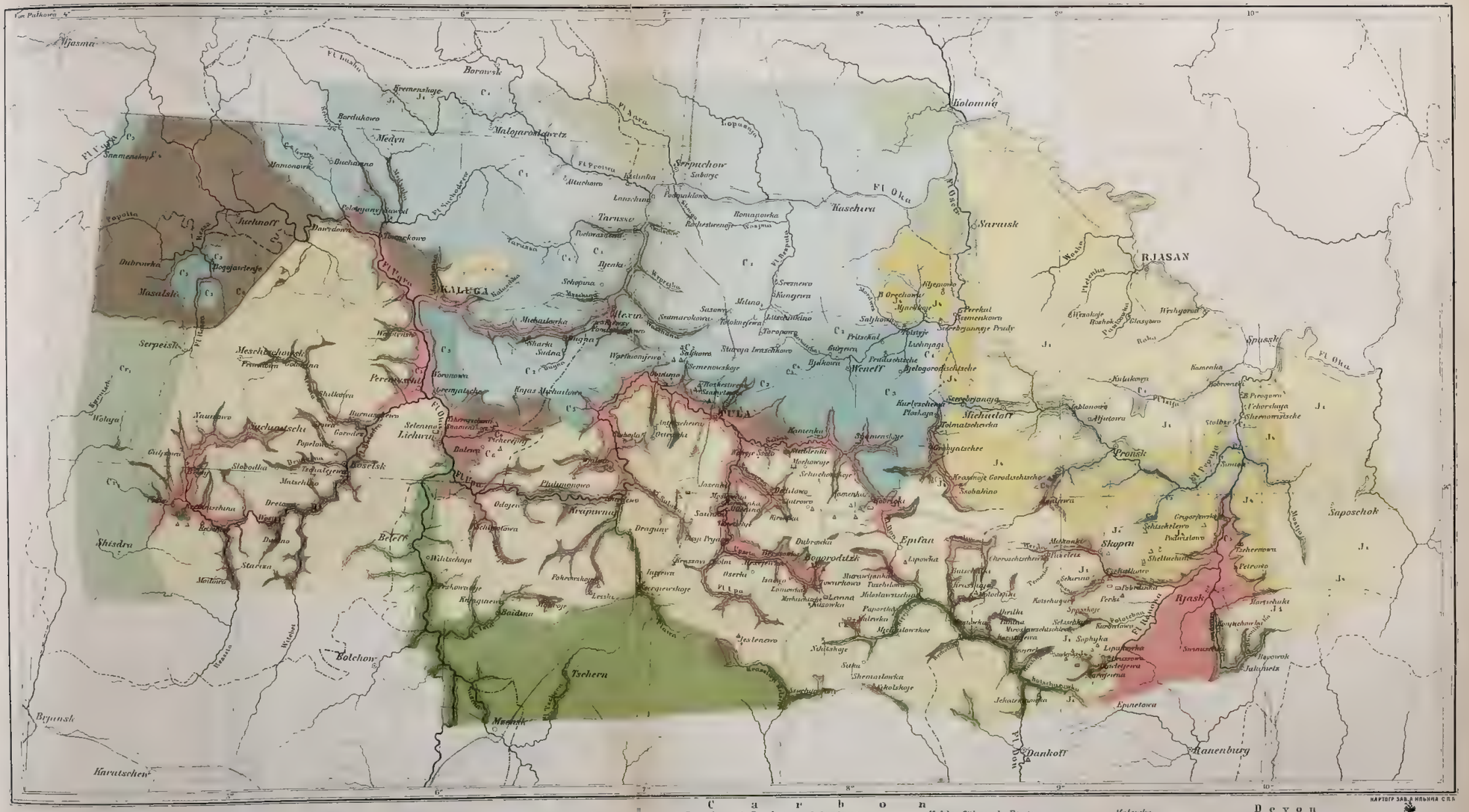
△ Bohrloch oder Versuchsschacht

▭ Kohlengrube

GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE

des südlichen Theiles (Gouv. Kaluga, Tula u. Rjasan) des centralen („moskauer") russischen Steinkohlenbeckens

VON A. STRUVE.



MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 7.

BESTIMMUNG
DER INDUCTIONSCOEFFICIENTEN VON STAHLMAGNETEN.

VON

H. Wild.

172720
AUG 29 1887

(*Lu le 9 septembre 1886*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

St.-Pétersbourg: M. Eggers et Cie et J. Clasounof;
Riga: M. N. Kymmel;
Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mrk.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 7.

BESTIMMUNG

DER INDUCTIONSCOEFFICIENTEN VON STAHLMAGNETEN.

VON

H. Wild.

(*Lu le 9 septembre 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

St.-Pétersbourg:	Riga:	Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Clasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 30 Kop. = 1 Mrk.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Octobre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In einer Abhandlung «Untersuchungen über die Vertheilung des freien Magnetismus in Magnetstäben»[1]) hat T. A. Kupffer zuerst die Induction des Erdmagnetismus auf Stahlmagnete nachgewiesen und Lamont war der Erste, der die Berücksichtigung dieser Induction bei absoluten Messungen der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus als nothwendig erklärte[2]) und auch genauere Bestimmungen der bezüglichen Inductionscoefficienten ausführte[3]). Er fand nämlich hiebei, dass dieselbe inducirende Kraft in einem Magnetstabe mehr Magnetismus im Verminderungs- als im Vermehrungsfalle inducire, dass es also zweierlei Inductionscoefficienten gebe und stellte nach seinen Versuchen die Regel auf, dass der Inductionscoefficient, d. h. das Verhältniss des durch die Einheit der Kraft inducirten magnetischen Moments zum vorhandenen permanenten magnetischen Moment des Stabes im Verminderungsfalle um $^1/_7$ grösser und im Vermehrungsfalle um $^1/_7$ kleiner als der mittlere Werth beider Coefficienten sei[4]). An diese Regel haben Lamont und Andere seither bei ihren erdmagnetischen Intensitätsmessungen sich gehalten und auch ich hielt es in Ermangelung neuerer bezüglicher Untersuchungen für geboten, jene Regel zu befolgen und glaubte mich tadelnd über das Verfahren derjenigen Forscher aussprechen zu müssen, welche, ohne einen Beweis für das Gegentheil erbracht zu haben, doch die beiderlei Coefficienten bei ihren Untersuchungen als gleich gross annahmen[5]). Diese Aeusserung hat wohl allein zu dem Missverständniss Veranlassung gegeben, dass ich die Verschiedenheit dieser beiderlei Inductionscoefficienten selbst auch vertrete[6]). Ich habe mich vielmehr bis dahin durchaus jedes Urtheils über die Realität resp. theoretische Wahrscheinlichkeit dieser

---

1) Pogg., Ann. Bd. 12, S. 121. 1828.

2) Lamont, Annalen der Meteorol. und des Erdmagnetismus. 1842. 1. Heft, S. 198.

3) Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus. 1849. S. 147.

4) Ibid. S. 151.

5) Annalen des physikal. Central-Observatoriums für 1878. Theil I. Beobachtungen im Observatorium zu Pawlowsk. Einleitung, p. LI, und Repertorium für Meteorologie, Bd. VIII, № 7, S. 61, Anm. 1883.

6) H. Sack, Ueber die specifischen Inductionsconstanten harter, starkmagnetisirter Stahlstäbe. Inaugural-Dissertation, S. 9 und 10. Frankfurt a. M. 1886.

Differenz enthalten, war aber der Meinung, dass gegenüber den Erfahrungsresultaten von Lamont auch nur neuere und genauere experimentelle Untersuchungen ein begründetes Recht zur Nichtbeachtung derselben geben können. Aus der Art und Weise, wie ich am angeführten Orte die Lamont'sche Regel citire («Nach Lamont's Untersuchungen soll der Inductionscoefficient ν'' im Verminderungsfalle grösser sein als etc.»), sowie aus dem Umstande, dass ich mich seit Jahren schon bemüht habe, Methoden zur sichern Bestimmung des einen und andern der fraglichen Coefficienten ausfindig zu machen [7]), hätte man bezüglich meiner persönlichen Ansicht eher auf das Gegentheil schliessen können.

In meiner Notiz «Vollständige Theorie des Bifilarmagnetometers und neue Methoden zur Bestimmung der absoluten Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus sowie der Temperatur- und Inductionscoefficienten der Magnete» [8]) habe ich die Theorie einer neuen Methode zur getrennten Ermittelung der beiderlei Inductionscoefficienten angegeben, auf welche ich grosse Hoffnungen setzte. Darnach sollten die beiden Coefficienten aus Beobachtungen der drei Schwingungsdauern des bifilar aufgehängten Magnets in der normalen, verkehrten und transversalen Lage abgeleitet werden. Aus bezüglichen ersten Versuchen am 12. und 18. August 1879 hatte ich für einen cylindrischen, durchbohrten Magneten von Meyerstein in Göttingen (150 mm. lang, 14,4 mm. dick und 165 g. schwer) folgende Werthe der beiderlei Coefficienten: ν' im Verstärkungsfalle und ν'' im Schwächungsfalle erhalten:

	ν'	ν''
12. August 1879 . . .	0,00253	0,00871
18. August 1879 . . .	0,00482	0,00261
Mittel . . .	0,00368	0,00566.

Im Mittel der beiden Messungen entspricht, wie man sieht, das Verhältniss der beiden Coefficienten sehr nahe der Lamont'schen Regel; freilich ist die Unsicherheit der einzelnen Werthe eine sehr grosse, was indessen einer ungenügenden Permanenz des Magnetstabes beigemessen werden konnte.

Auf dieselbe Fehlerquelle konnten entsprechende Differenzen zwischen den einzelnen Messungsresultaten zurückgeführt werden, welche ich bei Bestimmungen der Coefficienten nach dieser Methode vermittelst des provisorischen Bifilar-Theodoliths im September 1881 erhielt. Auch da entsprachen zwar die Mittelwerthe der Coefficienten wieder nahe der Lamont'schen Regel, indem sie für den 80 mm. langen, 14 mm. äussern und 10 mm. innern Durchmesser besitzenden Magnet I des Theodoliths gefunden wurden:

$$\nu' = 0{,}000859, \quad \nu'' = 0{,}001249.$$

7) Repertorium für Meteorologie, Bd. VIII, № 7, S. 60 und 61. Siehe auch: Exner, Repertorium der Physik, Bd. XX, S. 762. 1883.

8) Bulletin de l'Acad. Imp. des sc. T. XXVI, p. 69. Janvier 1880.

Dagegen liessen sich analoge Erfahrungen bei weiteren Messungen, welche nach dieser Methode im August 1884 ausgeführt wurden, nicht durch ungenügende Permanenz des ständigen Magnetismus im betreffenden Magneten erklären. Zu denselben wurde nämlich der grosse, 290 mm. lange, 36 mm. breite und 12 mm. dicke Stahlmagnet benutzt, welchen ich im Sommer 1883 bei der Bestimmung des absoluten Werthes der Siemens'schen Widerstands-Einheit benutzt hatte, der dabei[9]) und auch späterhin eine ausserordentliche Constanz seines magnetischen Moments gezeigt hatte und gerade deshalb zu diesem Versuche von mir gewählt worden war. Ausser mir haben noch die Herren E. Leyst und P. Müller je eine Messungsreihe angestellt und mit mir folgende Resultate erhalten:

Beobachter.	ν'	ν''
Müller.....	0,00398	0,00186
Leyst.....	0,00562	0,00123
Wild	0,00015	0,00038,

wobei zur Erklärung der sehr grossen Differenz zwischen meinem Resultat und dem der beiden andern Beobachter zu bemerken ist, dass ich nach einer einfachern Formel mit Vernachlässigung von Gliedern zweiter Ordnung meine Beobachtungen berechnet hatte. Letztere Erfahrung weist nun zugleich darauf hin, dass nicht sowohl die Genauigkeit der Beobachtungen als die Methode selbst eine ungenügende sei. Die zu bestimmenden Coefficienten werden darnach im Wesentlichen als Differenzen zweier, nahe 1000 Male grösserer Zahlen erhalten, zu welchen dann mit ihrem vollen Betrag eine Reihe, von den Variationen der Temperatur und der Horizontal-Intensität und der Torsionsconstanten der Suspensionsfaden abhängiger Correctionen von ungefähr gleicher absoluter Grösse wie die Coefficienten selbst hinzutritt. Demzufolge habe ich diese Methode als ungünstige ganz aufgegeben.

Etwas bessere Resultate lieferte die weitere Methode, welche ich in der schon erwähnten Abhandlung «Ueber die Genauigkeit absoluter Bestimmungen der Horizontal-Intensität»[7]) kurz beschrieben und welche, wie ich erst seither ersehen habe, im Principe mit einer schon von Lamont[10]) zu gleichem Zwecke angewandten übereinstimmt. Durch eine lange Drahtspirale oder eine nach F. E. Neumann aus Rollenpaaren so zusammengesetzte Tangentenboussole, dass sie im Innern ein magnetisches Feld constanter Kraft von im Verhältniss zur Länge des zu untersuchenden Magnets genügender Ausdehnung liefert, leite man einen Strom der Intensität J und lasse das mit seiner Axe horizontal und senkrecht zum magnetischen Meridian orientirte Solenoid auf eine in der Verlängerung derselben befindliche, unifilar aufgehängte Magnetnadel einwirken, so besteht die Gleichung:

$$H \operatorname{tang} \varphi_1 = J.c,$$

9) Siehe: Mém. de l'Acad. Imp. des sc. T. XXXII, № 2, p. 110. Decembre 1883.

10) Lamont, Handbuch des Magnetismus, S. 22. Leipzig 1876.

wo H die horizontale Componente der Intensität des Erdmagnetismus, φ_1 die Ablenkung der Magnetnadel aus dem magnetischen Meridian und c die von der Stromfläche und Entfernung des Solenoids vom Magneten abhängige Empfindlichkeits-Constante (im Falle kleiner Winkel φ_1) des letztern darstellen.

Man unterbreche jetzt den Strom in dem Solenoid und lege in die Mitte des letztern, parallel seiner Axe den zu untersuchenden Magnet hin, so wird derselbe die Magnetnadel ebenfalls aus dem Meridian ablenken. Heissen wir diesen Winkel φ_2, so wird jetzt die Gleichgewichtsbedingung sein:

$$H \text{ tang } \varphi_2 = \frac{2.M.x}{E^3},$$

wo M das magnetische Moment des Magnets frei von Induction durch den Erdmagnetismus, E die Entfernung seines Mittelpunkts vom Mittelpunkt der Magnetnadel und x einen von der Vertheilung des Magnetismus in beiden Magneten und ihrer Entfernung in bekannter Weise abhängigen constanten Factor darstellt (allerdings nur für den Fall kleiner Ablenkungen φ_2).

Bei einer weiteren dritten Beobachtung lässt man ohne Aenderung der relativen Lagen aller Theile des Apparats in das Solenoid wieder den Strom von der Stärke J und zwar in solcher Richtung eintreten, dass das Solenoid durch seine magnetisirende Wirkung auf den eingeschlossenen Magneten den Magnetismus desselben verstärkt; alsdann gilt offenbar folgende Gleichung für die neue Ablenkung φ_3 der Magnetnadel:

$$H \text{ tang } \varphi_3 = J.c + \frac{2.M.x}{E^3}(1 + \nu' C.J),$$

wo ν' den Inductionscoefficienten des Magnets im Verstärkungsfalle und C die Scheidungskraft des Solenoids für die Stromeseinheit resp. seine Empfindlichkeits-Constante für eine Magnetnadel in seinem Innern bezeichnen.

Kehrt man endlich den Strom im Solenoid ohne Aenderung seiner Intensität um, so gibt die Beobachtung der weiteren Ablenkung φ_4 der Magnetnadel die Gleichung:

$$H \text{ tang } \varphi_4 = -J.c + \frac{2.M.x}{E^3}(1 - \nu'' C.J).$$

Aus diesen 4 Gleichungen folgt:

$$\nu' = \frac{\text{tang } \varphi_3 - \text{tang } \varphi_1 - \text{tang } \varphi_2}{C.J.\text{tang.}\varphi_2},$$

$$\nu'' = \frac{\text{tang } \varphi_2 - \text{tang } \varphi_1 - \text{tang } \varphi_4}{C.J.\text{tang.}\varphi_2}.$$

Hiebei ist vorausgesetzt, dass sich während der Dauer aller Messungen die Temperatur des Magnets, die Intensität des Stromes und die Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus

nicht geändert habe und dass die Ablenkungswinkel φ je vom augenblicklichen magnetischen Meridian aus gerechnet, resp. von den Declinationsvariationen befreit seien. Werden die Variationen der Horizontal-Intensität H während der Beobachtungsdauer an einem besondern hiefür geeigneten Instrument mit beobachtet und ebenso die Variationen der Stromstärke J etwa an einer Tangentenboussole, durch welche der Strom gleichzeitig durchgeleitet wird, und wird endlich die Temperatur des Magnets, dessen Temperatur-Coefficient als bekannt vorausgesetzt, mit beobachtet, so kann man jene Voraussetzungen fallen lassen und in den Ausdrücken (5) die bezüglichen Correctionen anbringen. Um ν' und ν'' darnach zu berechnen, ist nur noch die Kenntniss des absoluten Werthes der Constante C nothwendig, sowie die Bestimmung der Stromstärke J in absolutem Maasse etwa vermittelst der erwähnten Hülfs-Tangentenboussole, eventuell auch nach der ersten Gleichung, wenn c gegeben ist.

Nach dieser Methode habe ich im Juni 1882 die beiden Inductionscoefficienten desselben, oben schon erwähnten cylindrischen Magnets I vom provisorischen Bifilar-Theodolith (80 mm. lang) bestimmt und folgende Werthe erhalten:

1882.	Scheidungskraft $J.\ C.$	ν'	ν''
24. Juni	1,56	0,000852	0,001174
24. Juni	3,06	0,000768	0,000771
29. Juni	4,80	0,001343	0,001256.

Die in Gauss'schen Einheiten (mm., mg., s.) ausgedrückte Scheidungskraft wurde absichtlich das eine Mal nahe gleich der Horizontal-Componente, das andere Mal ungefähr gleich der Vertikal-Componente des Erdmagnetismus gewählt.

Ich unterlasse es, hier die Details dieser Versuche mitzutheilen, da die Resultate ebenfalls zu sehr unter sich abweichen, um die Methode als brauchbar empfehlen zu können. Der die Unsicherheit bedingende Grund ist hier leicht aus den obigen Formeln zu erkennen. Nach der Schlussgleichung berechnen sich die Coefficienten auch hier als Differenzen mehrerer, 250—500 Male grösserer Zahlen. Der Magnet allein bewirkte bei unsern Versuchen eine Ablenkung von 250 Scalentheilen und da ist denn aus der dritten resp. vierten Gleichung unmittelbar zu ersehen, dass selbst bei Anwendung einer Scheidungskraft von der Grösse 4 (mm., mg., s.) die Vermehrung resp. Verminderung des magnetischen Moments durch Induction die fragliche Ablenkung nur um etwa den 250. Theil, d. h. also um 1 Scalentheil verändern konnte. Die Grösse, auf deren Bestimmung es gerade ankommt, tritt also in ihrem Betrag ganz zurück hinter andern nicht maassgebenden Beobachtungselementen.

Es lag nach dieser Bemerkung nahe, eine solche Modification dieser Methode zu versuchen, bei welcher durch Compensationen der Betrag der letzteren Grössen beträchtlich vermindert und dadurch die wesentlichen Bestimmungselemente als relativ grosse in den Schlussformeln hervortreten würden. Ehe ich indessen dazu gelangte, diese Idee zur Ausführung zu bringen, war schon Herr F. Kohlrausch durch eine sinnreiche Modification

der W. Weber'schen Methode zur Bestimmung des mittleren Inductionscoefficienten dazu gelangt, die beiderlei Coefficienten nach derselben mit befriedigender Genauigkeit auch getrennt zu messen[11]). Die W. Weber'sche und damit auch die Kohlrausch'sche Methode besitzen aber eben den Vorzug, dass die zu messende Grösse nur von der Aenderung des magnetischen Moments des Magnets durch Induction, nicht aber zugleich von dem ganzen Betrag des letztern abhängig erscheint. Herr Kohlrausch gelangte durch seine Versuche im Widerspruch mit Lamont zu dem Resultat, dass kein erheblicher Unterschied zwischen den erwähnten beiderlei Inductionscoefficienten, wenigstens nicht für Scheidungskräfte bis zum Betrag der ganzen Intensität des Erdmagnetismus (in Würzburg), bestehe. Neuerdings hat Herr Sack[6]) die Untersuchung des Herrn Kohlrausch nach dessen Methode fortgeführt, hauptsächlich in der Absicht, zu untersuchen, bis zu welchem Betrag der Scheidungskräfte die Gleichheit der beiderlei Inductionscoefficienten fortbestehe. Herr Sack fand, dass erst von einer die Horizontal-Intensität um etwa das 6fache übertreffenden Scheidungskraft an der Inductionscoefficient bei der Schwächung anfange, denjenigen bei der Verstärkung des permanenten Stabmagnetismus zu übertreffen.

Hiemit schien also eine Methode zur befriedigenden, getrennten Bestimmung der beiderlei Inductionscoefficienten geschaffen und da die letztern wenigstens für Kräfte, wie sie bei erdmagnetischen Messungen vorkommen, nach diesen neueren Bestimmungen entgegen der früheren Lamont'schen Angabe gleich gross sein sollten, so waren jetzt auch alle die Methoden ohne Weiteres zu verwenden, welche nur das Mittel beider zu messen gestatten. Es konnte also überflüssig erscheinen, meine Bemühungen in der erwähnten Richtung noch fortzusetzen. Wenn dies gleichwohl geschehen ist, so fand ich mich dazu aus zwei Gründen bewogen. Erstlich schien es überhaupt wünschenswerth, auch noch nach einer andern Methode die den Lamont'schen Angaben entgegenstehende Gleichheit der beiderlei Inductionscoefficienten nachzuweisen und sodann liess sich gegen die unmittelbare Anwendung der nach der Weber-Kohlrausch'schen Methode gewonnenen Resultate auf die bei den erdmagnetischen Messungen stattfindenden Verhältnisse ein principielles Bedenken erheben. Diese Methode leitet die Inductionscoefficienten aus den Inductionsströmen her, welche in einer den Magneten umgebenden Drahtspule durch die momentane Schwächung resp. Verstärkung seines Magnetismus hervorgerufen werden. Wenn aber, entsprechend etwa der elastischen Nachwirkung bei fortgesetzter Einwirkung der magnetisirenden Kraft noch eine langsame Zunahme oder nach Aufhören derselben nicht eine plötzliche, sondern einige Zeit in Anspruch nehmende Rückkehr zum permanenten Moment erfolgt[12]), so würden solche langsamere Zu- resp. Abnahmen des magnetischen Moments, weil keine messbaren Inductions-

11) Nachrichten der K. Gesellsch. der Wiss. zu Göttingen. 1. Dec. 1883. S. 396.

12) Schon 1842 (Ann. für Meteorol. und Erdmagnet., Jahrgang 1842, III. Heft, S. 192) spricht sich Lamont dahin aus: «Es ist nicht anzunehmen, dass die von dem Erdmagnetismus in einen Magnet inducirte Kraft von der Zeit unabhängig sei, augenblicklich hervorgerufen werde und wieder augenblicklich vergehen könne».

ströme hervorrufend, bei der fraglichen Methode ganz unbemerkt resp. auch ungemessen bleiben, also die Coefficienten zu klein ausfallen. Ja es wäre in diesem Falle sogar möglich, dass diese Nachwirkung im Schwächungsfalle eine bedeutendere wäre als im Verstärkungsfalle und somit bei Berücksichtigung derselben der erstere Coefficient doch grösser geworden wäre als der zweite. Die fragliche Methode gibt also jedenfalls nur die für die momentanen Schwächungen und Verstärkungen geltenden Coefficienten, während bei den erdmagnetischen Messungen zwischen den einzelnen Operationen jedenfalls stets so viel Zeit verstreicht, dass nicht diese, sondern die eventuell durch Nachwirkungen vergrösserten Inductionscoefficienten in Betracht zu ziehen sind. Daher erschien es zur Entscheidung dieser Frage jedenfalls wünschenswerth, die Inductionscoefficienten getrennt noch nach einer andern Methode, bei der keine Inductionsströme zur Anwendung kommen, bestimmen zu können.

Es ist mir nun in der That gelungen, die oberwähnte Methode so zu modificiren, dass sie eine verhältnissmässig leichte und sichere getrennte Bestimmung der beiderlei Inductionscoefficienten gestattet und ich theile daher hiemit kurz, zunächst die Theorie derselben, sodann den zur Ausführung benutzten Apparat und schliesslich die bis dahin damit gewonnenen Resultate mit.

1. **Theorie der neuen Methode.** Man stelle wie oben auf der einen, z. B. Ost-Seite, der Magnetnadel eines Unifilarmagnetometers ein Magnetisirungssolenoid so auf, dass seine Axe senkrecht auf dem magnetischen Meridian steht und ihre Verlängerung die Mitte, resp. Drehungsaxe der Magnetnadel treffe, bringe dann aber auf der andern (West-)Seite nahe bei der Nadel eine zweite aus weniger Windungen bestehende Spule an und justire sie so, dass beim Durchleiten desselben Stromes durch sie und das Magnetisirungssolenoid die Wirkung der letztern auf die Magnetnadel sehr nahe compensirt werde, d. h. diese jedenfalls nur um einen sehr kleinen Winkel φ_1 aus dem Meridian abgelenkt werde. Alsdann besteht die Gleichung:

$$H_1 (1 + \theta) \operatorname{tang} \varphi_1 = J_1 . (c - f), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wenn H_1 die eben stattfindende Horizontal-Intensität, θ die Torsionsgrösse des Suspensionsfadens der Magnetnadel, J_1 die Stärke des zur Zeit in den beiden Spulen circulirenden Stromes und c und f die Empfindlichkeits-Constanten derselben in Bezug auf die Magnetnadel des Unifilars darstellen.

Nach Unterbrechung des Stromes lege man wieder in die Mitte des Magnetisirungs-Solenoids zusammenfallend mit seiner Axe den zu untersuchenden Magnet und nähere von der entgegengesetzten (West-)Seite einen zweiten, am besten möglichst gleichen Magnet so weit der Magnetnadel, bis die durch den ersten bewirkte Ablenkung nahezu verschwindet. Heissen wir die übrig bleibende Ablenkung φ_2 und H_2 die jetzt stattfindende Horizontal-Intensität, so kommt:

$$(2)\ \ldots \begin{cases} H_2 (1 + \theta) \operatorname{tang} \varphi_2 = \dfrac{2 M_0 x [1 - (3m + \mu) t_2] [1 - \nu'' 2 M'_0 (E_0 + E'_0)^{-3}]}{E_0^3} - \\ \qquad - \dfrac{2 M'_0 x' [1 - (3m' + \mu') t'_2] [1 - \nu''_1 2 M_0 (E_0 + E'_0)^{-3}]}{E'^3_0} \end{cases}$$

wo M_0 das magnetische Moment des zu untersuchenden und M_0' das des Compensationsmagnets je bei 0°, μ und μ' aber ihre resp. Temperatur-Coefficienten, ν'' und ν_1'' ihre resp. Inductionscoefficienten im Schwächungsfalle, sowie x und x' die von der Vertheilung des Magnetismus in ihnen und in der Magnetnadel, sowie von den resp. Entfernungen E_0 und E_0' abhängigen Constanten — wegen der Kleinheit des Winkels φ_2 sind dieselben jedenfalls als unabhängig von dieser Variabeln zu betrachten — darstellen; E_0 und E_0' sind die Entfernungen der Magnet-Mittelpunkte von der Magnetnadel je bei 0° und m und m' die linearen Ausdehnungscoefficienten der Unterlagen der Magnete, endlich t_2 und t_2' die Temperaturen der resp. Magnete und ihrer Unterlagen.

Für eine dritte Messung, wo wir nunmehr einen Strom durch beide Spulen leiten in solcher Richtung, dass er den Magnetismus des in dem Solenoid liegenden Magnets verstärkt, haben wir die Gleichung:

$$(3)\ \begin{cases} H_3 (1 + \theta) \operatorname{tang} \varphi_3 = J_3 (c - f) + \\ \quad + \dfrac{2 M_0 x}{E_0^3} [1 - (3m + \mu) t_3] [1 - \nu'' 2 M'_0 (E_0 + E'_0)^{-3}] [1 + J_3 (\nu' C - \nu'' F)] - \\ \quad - \dfrac{2 M'_0 x'}{E'^3_0} [1 - (3m' + \mu') t'_3] [1 - \nu''_1 2 M_0 (E_0 + E'_0)^{-3}] [1 + J_3 (\nu'_1 F_1 - \nu''_1 c_1)], \end{cases}$$

wo H_3 die Horizontal-Intensität zur Zeit der Beobachtung des Ablenkungswinkels φ_3, J_3 die entsprechende Stromeseinheit in den Spulen und t_3 und t_3' die Temperaturen bei den Magneten, ν' und ν_1' die Inductionscoefficienten der beiden Magnete im Verstärkungsfalle, endlich C die Empfindlichkeits-Constante resp. magnetisirende Kraft für einen Magnet im Innern des Magnetisirungssolenoids parallel zu seiner Axe, c_1 die entsprechende Grösse am Ort des Compensationsmagnets, F die magnetisirende Kraft der Compensationsspule am Ort des Hauptmagnets und F_1 die entsprechende Grösse am Ort des Compensationsmagnets darstellen.

Endlich gibt eine letzte Beobachtung des Ablenkungswinkels φ_4 nach Umkehr des Stromes in beiden Spulen:

$$(4)\ \begin{cases} H_4 (1 + \theta) \operatorname{tang} \varphi_4 = J_4 (f - c) + \\ \quad + \dfrac{2 M_0 x}{E_0^3} [1 - (3m + \mu) t_4] [1 - \nu'' 2 M'_0 (E_0 + E'_0)^{-3}] [1 - J_4 (\nu'' C - \nu' F)] - \\ \quad - \dfrac{2 M'_0 x'}{E'^3_0} [1 - (3m' + \mu') t'_4] [1 - \nu''_1 2 M_0 (E_0 + E'_0)^{-3}] [1 - J_4 (\nu''_1 F_1 - \nu'_1 c_1)], \end{cases}$$

wo H_4 die Horizontal-Intensität, t_4 und t_4' die Temperaturen der Magnete zur Zeit dieser Messung repräsentiren.

Werden gleichzeitig mit der Beobachtung der Winkel φ_1, φ_2 etc. die Scalentheile n_1, n_2 etc. an einem Variationsinstrument für Horizontal-Intensität abgelesen, so ist zu setzen:

$$H_1 = H_0\,[1 + k.(n_1 - n_0)],\quad H_2 = H_0\,[1 + k.(n_2 - n_0)] \text{ etc.},$$

wo H_0 die Intensität für den Scalentheil n_0 und k der sogen. Empfindlichkeits-Coefficient des Variationsapparats bezeichnen und vorausgesetzt ist, es seien die Scalentheile bereits auf die Normaltemperatur des letztern reducirt.

Leiten wir ferner die in den beiden Spulen circulirenden Ströme zugleich durch eine Tangenten-Boussole, deren Empfindlichkeits-Coefficient K sei, so hat man auch:

$$J_1 = \frac{H_1}{K}(1 + \theta')\,\text{tang}\,\psi_1,\quad J_3 = \frac{H_3}{K}(1 + \theta')\,\text{tang}\,\psi_3 \text{ etc.},$$

wo ψ_1, ψ_3 etc. die Ablenkungswinkel der Magnetnadel der Boussole und θ' die Torsionsgrösse ihres Suspensionsfadens.

Mit Berücksichtigung dieser Relationen, sowie des Umstandes, dass die Grössen k, θ, m, μ', ν', ν'' etc. klein und daher ihre Producte und Quadrate zu vernachlässigen sind, folgt schliesslich aus den 4 Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned}
\nu' &= \frac{K.E_0^3(1+\theta-\theta').b'}{2\,M_0\,x\,C\,\text{tang}\,\psi_3\,a'}\left\{\text{tang}\,\varphi_3 - \text{tang}\,\varphi_1\frac{\text{tang}\,\psi_3}{\text{tang}\,\psi_1} - \text{tang}\,\varphi_2.[1 + k\,(n_2 - n_3)] - \right.\\
&\qquad\left. - \frac{2\,M_0\,x\,(3m+\mu)\,(t_2-t_3)}{E_0^3\,H_3\,(1+\theta)} + \frac{2\,M'_0\,x'\,(3m'+\mu')\,(t'_2-t'_3)}{E'^3_0\,H_3\,(1+\theta)}\right\}\\
\nu'' &= \frac{K.E_0^3(1+\theta-\theta').b''}{2.M_0.x.C.\text{tang}\,\psi_4\,a''}\left\{\text{tang}\,\varphi_2\,[1 + k\,(n_2 - n_4)] - \text{tang}\,\varphi_1\frac{\text{tang}\,\psi_4}{\text{tang}\,\psi_1} - \text{tang}\,\varphi_4 + \right.\\
&\qquad\left. + \frac{2\,M_0\,x\,(3m+\mu)\,(t_2-t_4)}{E_0^3\,H_4\,(1+\theta)} - \frac{2\,M'_0\,x'\,(3m'+\mu')\,(t'_2+t'_4)}{E'^3_0\,H_4\,(1+\theta)}\right\},
\end{aligned}\right\}\quad (5)$$

wo abkürzend gesetzt wurde:

$$a' = 1 - \frac{\nu''.F}{\nu'.C} - \frac{M'_0\,x'\,E_0^3}{M_0\,x\,E'^3_0}\left(\frac{\nu'_1\,F_1}{\nu'\,C} - \frac{\nu''_1\,c_1}{\nu'\,C}\right)\left[1 + (3m+\mu)\,t_3 - (3m'+\mu')\,t'_3 - 2\,\frac{\nu''_1\,M_0 - \nu''\,M'_0}{(E_0+E'_0)^3}\right]$$

$$a'' = 1 - \frac{\nu'.F}{\nu''.C} - \frac{M'_0\,x'\,E_0^3}{M_0\,x\,E'^3_0}\left(\frac{\nu''_1\,F_1}{\nu''\,C} - \frac{\nu'_1\,c_1}{\nu''\,C}\right)\left[1 + (3m+\mu)\,t_4 - (3m'+\mu')\,t'_4 - 2\,\frac{\nu''_1\,M_0 - \nu''\,M'_0}{(E_0+E'_0)^3}\right]$$

$$b' = 1 + (3m+\mu)\,t_3 + \frac{2\,\nu''\,M'_0}{(E_0+E'_0)^3}$$

$$b'' = 1 + (3m+\mu)\,t_4 + \frac{2\,\nu''\,M'_0}{(E_0+E'_0)^3}$$

Werden die Ablenkungswinkel bei beiden Apparaten, dem Unifilar-Magnetometer und der Tangenten-Boussole, durch Spiegelablesung mit Fernrohr und Scale beobachtet, so gelten die Relationen:

$$\text{tang } 2\varphi = \frac{s}{D} \text{ und tang } 2\psi = \frac{\sigma}{\Delta},$$

wenn s und σ die bei den resp. Instrumenten in Scalentheilen ausgedrückten Ablenkungen, D und Δ aber die Entfernungen von Scale und Spiegel bei denselben darstellen.

Wegen der Kleinheit der Winkel φ_1, φ_2 etc. wird man mit ganz genügender Annäherung:

$$\text{tang } \varphi_1 = \frac{s_1}{2D}, \quad \text{tang } \varphi_2 = \frac{s_2}{2D} \text{ etc.}$$

und wegen der nahen Gleichheit der Winkel ψ_1, ψ_3 und ψ_4 trotz ihrer Grösse wenigstens:

$$\frac{\text{tang } \psi_3}{\text{tang } \psi_1} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} \text{ und } \frac{\text{tang } \psi_4}{\text{tang } \psi_1} = \frac{\sigma_4}{\sigma_1}$$

setzen können. Es wird daher auch sein:

$$(6)\quad \begin{cases} \nu' = \frac{A\,[1 + (3m + \mu)\,t_3]}{a' \cdot \text{tang } \psi_3} \left\{ s_3 - \frac{\sigma_3}{\sigma_1} s_1 - s_2\,[1 + k\,(n_2 - n_3)] - B \frac{(3m + \mu)\,(t_2 - t_3)}{1 + k\,(n_3 - n_0)} + \right. \\ \qquad\qquad \left. + B' \frac{(3m' + \mu')\,(t'_2 - t'_3)}{1 + k\,(n_3 - n_0)} \right\}, \\ \nu'' = \frac{A\,[1 + (3m + \mu)\,t_4]}{a'' \cdot \text{tang } \psi_4} \left\{ s_2\,[1 + k\,(n_2 - n_4)] - \frac{\sigma_4}{\sigma_1} s_1 - s_4 + B \frac{(3m + \mu)\,(t_2 - t_4)}{1 + k\,(n_4 - n_0)} - \right. \\ \qquad\qquad \left. - B' \frac{(3m' + \mu')\,(t'_2 - t'_4)}{1 + k\,(n_4 - n_0)} \right\}, \end{cases}$$

wo abkürzend gesetzt wurde:

$$(7)\quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ A = \frac{K.E_0^{\,3}\left(1 + \theta - \theta' + \frac{2\,\nu''\,M'_0}{(E_0 + E'_0)^3}\right)}{4\,D.M_0\,C.x},$$

$$B = \frac{4\,D.M_0\,x}{H_0\,(1 + \theta)\,E_0^{\,3}}, \quad a' = 1 - \frac{\nu''.F}{\nu'.C} - \frac{B'}{B}\left(\frac{\nu''_1.F_1}{\nu'.C} - \frac{\nu''_1.c_1}{\nu'.C}\right),$$

$$B' = \frac{4\,D.M'_0\,x'}{H_0\,(1 + \theta)\,E'^3_0}, \quad a'' = 1 - \frac{\nu'.F}{\nu''.C} - \frac{B'}{B}\left(\frac{\nu''_1.F_1}{\nu''.C} - \frac{\nu'_1.c_1}{\nu''.C}\right),$$

und wo in den Ausdrücken von a' und a'' bereits die Glieder dritter Ordnung als sehr klein vernachlässigt worden sind.

Der Factor B repräsentirt nun sehr nahe nichts anderes als die Zahl s der Scalentheile, um welche die Unifilar-Magnetnadel durch den Hauptmagnet allein aus der Entfernung E_0 bei der Horizontal-Intensität H_0 abgelenkt würde, und eine entsprechende Bedeutung hat B' bezüglich des Compensationsmagnets, diese Grössen sind also Zahlen wie s_1, s_2 etc., nur viel grösser, d. h. etwa 1000 Male. Wenn die Compensation vollkommen erzielt

wäre, so müsste somit der Quotient $\frac{B'}{B}$ in den Ausdrücken für a' und a'' gleich 1 werden. Es werden ferner trotz der absoluten Grösse von B und B' die beiden mit diesen Factoren behafteten Glieder doch klein sein und sich überdies sehr nahe aufheben, weil die Temperaturdifferenzen $t_2 - t_3$, $t_2 - t_4$ etc. kaum 0°1 übersteigen werden—bei unsern Versuchen waren diese Differenzen stets viel kleiner—, ferner durchweg $t_2 - t_3 = t'_2 - t'_3$, $t_2 - t_4 = t'_2 - t'_4$, $m = m'$ sein und endlich auch der Unterschied $\mu - \mu'$ der Temperatur-Coefficienten beider Magnete ein geringer—bei gleich beschaffenen Magneten z. B. kaum grösser als 0,0002—sein wird.

Ebenso werden die Factoren von s_3 in beiden Ausdrücken sehr wenig von 1 verschieden sein. Der Empfindlichkeits-Coefficient des Variationsapparats wird nämlich in unsern Breiten ungefähr 0,0003 sein. Es müsste also $n_2 - n_3$ über 3 Scalentheile betragen, um eine Veränderung von s_3 um 0,001 seines Werthes zu bedingen.

In dem Ausdruck für A werden ferner die Torsionsgrössen θ und θ' sehr klein und somit ihre Differenz durchweg zu vernachlässigen sein und ebenso wird auch das Glied mit ν'' nur einen sehr kleinen Werth haben.

Endlich werden auch die Factoren von s_1 im Allgemeinen sehr wenig von 1 verschieden sein, da man ja stets constante, z. B. Daniell'sche Elemente als Stromesquelle benutzen wird, und dasselbe gilt von den Grössen a' und a'', da die Scheidekräfte F, F_1 und c_1 wegen der viel grössern Entfernung der Spulen von den betreffenden Magneten sehr viel kleiner als C sein werden.

In erster, sogar durchweg genügender Annäherung wird daher einfacher sein:

$$\left.\begin{aligned} \nu' &= \frac{A'[1 + (3m + \mu)t_3]}{\operatorname{tang}\psi_3}[s_3 - s_1 - s_2], \\ \nu'' &= \frac{A'[1 + (3m + \mu)t_4]}{\operatorname{tang}\psi_4}[s_2 - s_1 - s_4], \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

wo ist:

$$A' = \frac{K.E_0^3}{4\,D_0\,M_0\,C.x}.$$

Hieraus ist nun unmittelbar der Vortheil dieser Methode ersichtlich. Bei genügender Compensation werden s_1 und s_2 nahezu Null sein, so dass ν' direct durch s_3 d. h. die ausschliesslich durch die Zunahme des magnetischen Moments in Folge der Induction bewirkte Magnet-Ablenkung und ebenso ν'' direct durch s_4 (das wegen des Ausschlags nach der entgegengesetzten Seite doch eine positive Grösse wird) d. h. die ebenso bloss durch die Schwächung des magnetischen Moments bewirkte Ablenkung ausgedrückt erscheinen. Die Factoren mit A haben nur auf die absoluten Werthe der Inductionscoefficienten, nicht aber auf ihr Verhältniss einen Einfluss. Hervorzuheben ist auch noch, dass kein Theil des ganzen Apparats für die Dauer des Versuchs irgend eine Veränderung seiner Lage zu erfahren hat.

Wir wollen nun noch zur genaueren Begründung der Vorzüge der Methode die Genauigkeitsanforderungen untersuchen, welche an die einzelnen Bestimmungselemente behufs

Erzielung einer gewissen Genauigkeit des Endresultates zu stellen sind. Die Differentiation der Gleichungen 8 gibt:

$$\frac{\partial v'}{v'} = \frac{\partial v''}{v''} = \frac{\partial A}{A} = \frac{2\,\partial\psi}{\sin 2\psi} = \frac{\partial s}{s_3 - s_1 - s_2} = \frac{\partial s}{s_2 - s_1 - s_4},$$

$$= \frac{(3m + \mu).\partial t}{1 + (3m + \mu)\,t} = \frac{t.\partial\,(3m + \mu)}{1 + (3m + \mu)\,t}.$$

Bei unsern Versuchen variirte beispielsweise die Ablenkung ψ bei der Tangenten-Boussole zwischen 176 Scalentheilen $= 1^\circ\ 15'$ und 500 Scalentheilen $= 3^\circ\ 32'$, sowie $s_3 - s_1 - s_2$ resp. $s_2 - s_1 - s_4$ zwischen 1,5 bis 4,0 Scalentheilen, ferner war $t = 20^\circ$ und $3m + \mu = 0{,}00058$, woraus für $\frac{\partial v'}{v'} = \pm\ 0{,}01$ folgt:

$\partial\psi = \pm$ 1,76 bis 5,0 Scalentheile, $\partial s = \pm$ 0,015 bis 0,040 Scalentheil

$\partial t = \pm\ 22^\circ$, $\partial\,(3m + \mu) = \pm$ 0,000506.

Da die Constante A auch nur bis zu 0,01 ihres Werthes sicher bekannt sein muss, so sind die sechs in ihr enthaltenen Hauptgrössen je mit einer Genauigkeit von 0,004 ihres Werthes zu bestimmen, eine Anforderung, welche, wie wir sehen werden, für alle leicht zu erfüllen ist.

Hieraus entnehmen wir, dass die einzige Schwierigkeit in der Erfüllung der Anforderung für ∂s liegt; da nämlich der Fehler einer einzelnen Scalen-Ablesung immerhin $\pm$ 0,05 Scalentheil sein kann, so sind im letzten Grenzfalle je mindestens drei Beobachtungen der einzelnen s und im ersten sogar 22 solcher nothwendig, um für die Mittelwerthe und damit auch im Endresultat die gewünschte Genauigkeit zu erzielen. Man muss also durch die Disposition des Apparats zu erzielen suchen, dass die Grössen s_3 und s_4 sich wo möglich mehr dem im zweiten Grenzfalle angenommenen Werth von 4,0 Scalentheilen annähern resp. noch über diese Grenze hinaus anwachsen.

Es könnte hiernach scheinen, dass die Genauigkeit des Resultates bedeutend zu steigern sei, indem man einfach durch weitere Annäherung des zu untersuchenden Magnets an das Magnetometer die Ablenkungen s_3 und s_4 vergrössere. Diesem Verfahren wird indessen durch den Umstand eine Grenze gesetzt, dass dann die bei grösserer Entfernung unmerklichen secundären, durch die Factoren a' und a'' ausgedrückten magnetisirenden Wirkungen der Compensationsspule auf beide Magnete und des Solenoids auf den Compensationsmagnet einen störenden, d. h. nicht genügend genau zu berechnenden Einfluss gewinnen. Die Entfernungen müssen also so bemessen werden, dass die Ausdrücke a' und a'' wenig von 1 sich unterscheiden. Was die gegenseitige Induction der Magnete aufeinander betrifft, so ist diese in b' und b'' enthalten und würde auch durch grössere Annäherung der Magnete einen erheblichen Einfluss gewinnen.

2. **Beschreibung des benutzten Apparats.** Als Unifilar-Magnetometer für die abzulenkende

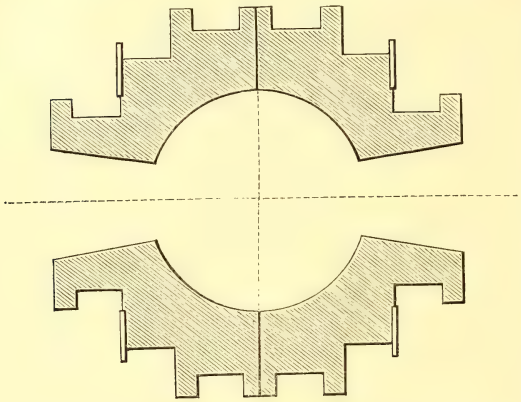
Magnetnadel wurde das Instrument benutzt, welches ich als Theil des zu absoluten Messungen der Horizontal-Intensität eingerichteten magnetometrischen Apparats im eisenfreien Pavillon für absolute Messungen des Observatoriums in Pawlowsk S. IX der Einleitung zu den Annalen des physikalischen Central-Observatoriums von 1884 I. Theil beschrieben habe.

Der abzulenkende Magnet wird in einen mit Spiegel versehenen Bügel eingelegt, welcher vermittelst eines 1,8 m. langen Coconfadens an einem Torsionskopf aufgehängt ist. Der letztere wird von einem Gestell aus Holz und Glas getragen, das auf der Mitte eines 2,5 m. langen Marmortisches ruht und innerhalb dessen noch ein kleineres Gehäuse aus Glas und Holz den Magnet umschliesst. Die Marmorplatte dient zugleich zur Unterstützung der 0,2 m. über ihr auf Messingsäulen mit Rollen ruhenden, von Ost nach West gerichteten, etwas über 2 m. langen Messingschiene mit Rinne in ihrer Mitte, welche zur Aufnahme der Ablenkungsmagnete bestimmt und zu dem Ende an der Kante der Rinne mit einer Theilung versehen ist. Die Theilung auf der Schiene ist mit einer Genauigkeit von $\pm$ 0,01 mm. nach dem Normalmeter verificirt und der Mittelstrich auf dem Magnet lässt sich mit einer Sicherheit von $\pm$ 0,02 mm. auf die Theilstriche der Schiene mit Hülfe einer Lupe einstellen. Von da her ist also die Entfernung E_0 der beiden Magnete höchstens mit einem Fehler von $\pm$ 0,025 mm. behaftet. Da indessen bei unsern Versuchen der Magnet nicht umgekehrt und nicht auf die andere Seite des suspendirten Magnets gebracht wurde, so fallen hier die weiteren, von einer Abweichung des Magnet-Mittelpunktes — Mitte zwischen den Polen — vom Strich auf demselben, sowie die Abweichung des Mittelpunktes des suspendirten Magnets vom Nullpunkt der Theilung nicht im Resultat heraus und es kann daher der Fehler von E_0 in Folge dessen wohl das Zehnfache der obigen Grösse i. e. $\pm$ 0,25 mm. betragen haben. Die beiden innern Enden der Schiene treten nur bis zu 0,2 m. an den suspendirten Magnet heran und sind dann durch ein nach unten U-förmig um den Magnet herumgehendes massives Messingstück miteinander zu einem Ganzen verbunden. Dieser mittlere Theil ruht unten vermittelst eingelassener Broncekugeln unmittelbar auf der Marmorplatte auf. Ein in die Rinne einzulegender cylindrischer Maassstab dient nicht bloss zur Verification der Theilung der Schiene, sondern auch zur Justirung der richtigen Lage des suspendirten Magnets. Die Ablenkungen des letztern werden aus 4 m. Distanz durch Spiegelablesung mit Fernrohr und Glasscale beobachtet und seine Beruhigung erfolgt von da aus vermittelst, in Richtung und Stärke zu variirender electrischer Ströme, die der Beobachter durch eine Spule in der Nähe des Magnets schickt. Die Entfernung D der Glasscale ist mit Berücksichtigung der Spiegeldicke und Dicke der Verschluss-Glasplatten $=$ 4025,3 Scalentheile (mm.) gefunden worden, welche Zahl mit einem Fehler von höchstens $\pm$ 0,4 mm. oder $\pm$ 0,0001 des ganzen Werthes behaftet ist.

Ueber den westlichen Arm der Schiene ist centrisch mit ihr das Magnetisirungssolenoid geschoben, und zwar besteht dies in einer nach der Neumann'schen Theorie[13]) schon vor

13) F. Neumann, Vorlesungen über electrische Ströme. S. 183 und folg. Leipzig. 1884.

längerer Zeit construirten, aus drei Rollenpaaren zusammengesetzten Tangenten-Boussole. An zwei Gypsstücken sind aussen je concentrische Rinnen von drei verschiedenen Durchmessern zur Aufnahme der Drahtwindungen eingedreht und im Innern sind dieselben halbkugelförmig mit einem Radius von 165 mm. ebenfalls centrisch zu den Rinnen ausgedreht und ausserdem noch parallel zur Axe der Rinnen konisch nach aussen durchbohrt. Werden die zwei Stücke, wie die nebenstehende Figur ($^1/_4$ natürlicher Grösse) zeigt, aneinander gelegt, so entsteht ein kugelförmiger Hohlraum von dem angegebenen Radius, dessen axiale Oeffnungen durch planparallele Glasplatten abgeschlossen werden können.



Dieser kugelförmige Hohlraum repräsentirt bis zu 12,5 mm. Abstand von seiner Wandung einen Raum von sehr nahe constanter magnetischer Kraft, wenn zufolge der Theorie die Mittelpunkte der Querschnitte durch die Windungen der einzelnen Rollen auf einer Kugeloberfläche von mindestens dem doppelten Radius i. e. 140 mm. liegen, die einzelnen Rollen gleich breit und die Abstände der Ebenen ihrer mittleren Windungen vom Centrum der Kugel paarweise beiderseits $0{,}2093\cdot\varrho$, $0{,}5917\cdot\varrho$ und $0{,}8717\cdot\varrho$ (siehe l. c. S. 215) betragen, falls ϱ den Radius der Kugel darstellt, endlich die Zahl der Drahtwindungen auf den drei Rollenpaaren sich in derselben Reihenfolge verhalten wie 1000 : 828 : 512.

Die im Herbst 1878 hergestellten Gypskörper wurden nach vollständiger Austrocknung im Februar 1879 bearbeitet, die Rollendurchmesser und die Entfernungen ihrer Mitten mit Hülfe eines besonderen Calibermaassstabes sorgfältig ausgemessen, darauf die Rollen mit passendem, gut isolirten Draht bewickelt und zwar auf die innersten 6 Lagen zu 14 Windungen, auf die mittleren 5 Lagen zu 14 Windungen und auf die äussersten kleinsten Rollen 3 Lagen zu 14 Windungen und schliesslich auch die äussern Durchmesser wieder abgemessen. Die Zahl der Drahtwindungen auf den einzelnen Rollen der drei Paare sind also: $A_1 = 84$, $A_2 = 70$, $A_3 = 42$.

Es ergaben sich ferner für die respectiven Radien R, die Entfernungen E der Ebene der mittleren Windungen und daraus die Entfernungen ϱ der Mittelpunkte der Windungsquerschnitte vom Centrum des ganzen Solenoids:

$R_1 = 136{,}11$ mm., $E_1 = 31{,}05$ mm., $\rho_1 = 139{,}45$ mm.,

$R_2 = 112{,}72$ » $E_2 = 84{,}15$ » $\rho_2 = 140{,}67$ »

$R_3 = 67{,}98$ » $E_3 = 123{,}65$ » $\rho_3 = 141{,}11$ »

Im Mittel ist also der Halbmesser der fraglichen Kugel $\rho = 140{,}41$ mm. und es ist also die erste Bedingung nur mit einer der Differenz von ρ_1, ρ_2 und ρ_3 gegen ρ entsprechenden Annäherung erfüllt. Die zweite Bedingung für die Constanz des magnetischen Feldes würde gemäss dem obigen Werth von ρ als Abstände der mittleren Drahtwindungen jeder Rolle vom Centrum die Grössen:

$$E'_1 = 29{,}37 \text{ mm.}, \qquad E'_2 = 83{,}08 \text{ mm.}, \qquad E'_3 = 122{,}4 \text{ mm.}$$

statt der factischen oben angegebenen Werthe verlangen. Ebenso ist auch die letzte Bedingung über das Verhältniss der Windungszahl auf den einzelnen Rollen nur angenähert erfüllt, indem dasselbe factisch $1000 : 833 : 500$ beträgt. Trotzdem werden wir für unsere Zwecke den Hohlraum des Instrumentes bis auf 70 mm. Radius mit genügender Sicherheit als constantes magnetisches Feld betrachten können.

Die Magnetisirungsconstante dieses Solenoids oder die Empfindlichkeitsconstante C desselben, wenn es als Tangenten-Boussole gebraucht würde, ist:

$$C = \frac{A_1}{0{,}049202 . \rho},$$

wenn die theoretischen Bedingungen genau erfüllt sind und A_1 die Windungszahl auf jeder der beiden Rollen des innersten Paares darstellt. Für $\rho = 140{,}41$ und $A_1 = 84$ hätte man also in unserm Falle:

$$C = 12{,}158.$$

Da aber die theoretischen Bedingungen nicht genau erfüllt sind, so ist C genauer nach der Formel:

$$C = 2\pi \left\{ \frac{2 A_1 R_1^2}{(R_1^2 + E_1^2)^{3/2}} + \frac{2 A_2 R_2^2}{(R_2^2 + E_2^2)^{3/2}} + \frac{2 A_3 R^2_3}{(R^2_3 + E^2_3)^{3/2}} \right\}$$

zu berechnen. Die Einsetzung unserer obigen Werthe ergibt:

$$C = 12{,}078.$$

Statt nun C auf Grundlage weiterer Näherungsformeln noch etwas sicherer aus den Abmessungen unseres Instruments zu berechnen, hielt ich es für besser, dessen Werth durch Vergleich mit der grossen Tangenten-Boussole, welche ich bei meiner «Bestimmung des

Werthes der Siemens'schen Widerstands-Einheit in absolutem Maasse»[14]) benutzt habe, empirisch zu ermitteln. Diese Bestimmung wurde genau in derselben Weise ausgeführt, wie die Bestimmung der Empfindlichkeitsconstanten des Multiplikators, die am angeführten Orte sub I 8 und III 14 näher beschrieben ist. Darnach hat man:

$$C = K \frac{1 + \frac{W'_m}{W'_s}}{1 + \theta' - \theta} \cdot \frac{\text{tang } \varphi}{\text{tang } \psi},$$

wo K die Empfindlichkeitsconstante der grossen Tangenten-Boussole, ψ die bei ihr und φ die bei unserm Solenoid als Tangenten-Boussole gleichzeitig beobachtete Ablenkung, wenn wir den in der grossen Tangenten-Boussole kreisenden Stammstrom in zwei Zweige spalten, von welchen der eine den Widerstand W'_s und der andere, unser Solenoid enthaltende den Widerstand W'_m besitzen. θ' endlich bedeutet die Torsionsgrösse der Magnetsuspension bei der Tangenten-Boussole und θ dasselbe bei unserm Solenoid. Die von Herrn Dr. O. Chwolson und mir gemeinsam am 20. August 1883 angestellten Messungen ergaben nach den nöthigen Reductionen:

$$\frac{W'_m}{W'_s} = 43{,}6934, \qquad \theta' = 0{,}000231, \qquad \theta = 0{,}000368,$$

$$\varphi = 3^\circ\ 32'\ 57''{,}6, \quad \psi = 3^\circ\ 29'\ 36''{,}8,$$

bei einer mittleren Temperatur von 20°,6. Nun ist nach S. 85 der erwähnten Schrift:

$$K = 0{,}266556\ [1 + 0{,}000033 \cdot (20{,}7 - t)],$$

wenn t die Temperatur der grossen Tangenten-Boussole darstellt.

Vorstehende Messungen ergeben daher als empirischen Werth:

$$C = 12{,}105.$$

Ich habe das Mittel aus diesem und dem aus den Abmessungen gefundenen Werth also:

$$C = 12{,}091,$$

benutzt, welche Zahl jedenfalls mit keinem grössern Fehler als $\pm 0{,}0027$ i. e. der Differenz beider Werthe behaftet ist.

Die beiden Hälften des Magnetisirungssolenoids sind mit ihrer Unterlage auf einem Marmorfuss mit Stellschrauben zwischen Ebenholzschienen verschiebbar, können daher auseinander geschoben werden, um den zu untersuchenden Magnet in ihrem Centrum auf die

14) l. c. sub 9.

Ablenkungsschiene zu legen und dort auf den Theilstrich einzustellen, worauf die Rollen wieder zusammengeschoben werden. Um indessen während der Messungen jede solche, zu Fehlern Veranlassung gebende Lageveränderung zu vermeiden, wurde ein justirbarer Anschlag auf der Schiene so festgeklemmt, dass der Magnet ihn mit seinem Ende eben berührte, wenn sein Mittelstrich auf den fraglichen Theilstrich der Schiene einstand. Man konnte dann für die zweite Beobachtung nur je den Magnet von aussen auf der Schiene durch die seitliche Oeffnung ins Innere des Solenoids bis zur Berührung mit dem Anschlag schieben.

Der Compensationsmagnet wurde in analoger Weise auf der entgegengesetzten Seite auf die Schiene aufgelegt.

Auf dieser entgegengesetzten Seite des suspendirten Magnets ist auch die Compensationsspule aufgestellt; sie besteht aus 10 Windungen eines isolirten Kupferdrahtes auf einer Holzspule von 200 mm. Durchmesser, welche mit ihrer Mittel-Ebene ungefähr 90 mm. vom suspendirten Magnet absteht und vermittelst eines Schlittens auf dem mittleren Verbindungsstück der Schienen verschiebbar ist und da nach erfolgter Justirung festgeklemmt werden kann.

Zur Messung endlich der Stärke der Ströme im Magnetisirungssolenoid wurde die schon erwähnte grosse Tangentenboussole benutzt, welche ich bei der Bestimmung des Werthes der Siemens'schen Widerstands-Einheit benutzt habe und deren Empfindlichkeitsconstante K bereits auf der vorigen Seite nach jenen frühern Messungen mitgetheilt ist. Der Fehler dieses Werthes von K betrug damals nicht mehr als 0,00003 seines Betrags und kann durch kleine zeitliche Veränderungen im Instrument kaum den 10fachen Werth erreicht haben. Diese Boussole ist nämlich seither unverändert an ihrem damaligen Standorte verblieben, so dass für unsern gegenwärtigen Gebrauch nur eine neue Einstellung der Drahtkreise in den magnetischen Meridian erforderlich war. Auch die Entfernung des Magnetspiegels von der Glasscale ist sehr nahe die frühere, nämlich:

$$\Delta = 4030{,}1 \text{ Scalentheile.}$$

Zur Beruhigung des Magnets in der Tangentenboussole diente eine entsprechende Vorrichtung wie beim Unifilar-Magnetometer, welche es dem Beobachter ermöglicht, den Magnet in höchstens einer Minute vollkommen zur Ruhe zu bringen.

Die Tangentenboussole befindet sich im südlichen Arm des kreuzförmigen Mittelsaales des magnetischen Pavillons, während der magnetometrische Apparat im westlichen Arm desselben aufgestellt ist. Die Entfernung der beiden Apparate entspricht daher der Diagonale eines Quadrates von 5,05 m. Seite, dessen eine Seite mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt; sie ist somit gleich 7,14 m. und unter 45° zum magnetischen Meridian orientirt. Bei dieser Entfernung werden in Folge der gegenseitigen Compensation bezüglich des suspendirten Magnets die beiden Ablenkungsmagnete und die beiden Solenoide auch am Ort der Tangentenboussole ohne merkliche magnetische Einwirkung bleiben; die gegenseitige Ein-

wirkung der suspendirten Magnete im Unifilar-Magnetometer und in der Tangentenboussole wird ferner je als eine constante betrachtet werden können, welche in Folge der geringen Verschiedenheit beider Magnete aus dem Resultat herausgeht, und es bleibt daher nur der Einfluss des in der Tangentenboussole kreisenden Stromes auf den Unifilarmagnet übrig, der indessen ebenfalls im Resultat verschwinden wird, wenn man den Strom bei jeder Messung commutirt und das Mittel der betreffenden Beobachtungen am Unifilar nimmt.

Als Stromesquelle wurden zuerst ein, später zwei Meidinger'sche Elemente benutzt und die Stärke des Stromes vermittelst eines in den Stromkreis eingeschalteten Siemens'schen Stöpselrheostaten nach Bedürfniss regulirt. Zwei Commutatoren mit Quecksilbercontacten in der Nähe der Beobachter bei den Fernröhren gestatteten je für sich den Strom in der Tangentenboussole, sowie den im Magnetisirungssolenoid und der Compensationsspule zu wenden.

Zu erwähnen ist endlich noch eine Contactvorrichtung, welche es dem Beobachter ermöglicht, bei jeder Ablesung sofort ein electrisches Glockensignal nach dem unterirdischen Pavillon für Variationsbeobachtungen zu geben, wo dann der dejourirende Beobachter gleichzeitige Ablesungen am Unifilar- und Bifilar-Magnetometer macht.

3. **Die Beobachtungen.** Die Hauptbeobachtungen zur Prüfung der Methode wurden mit einem Magnet angestellt, der im Jahre 1884 zu absoluten Intensitätsmessungen nach der aus Ablenkungsbeobachtungen am Unifilar- und Bifilar-Magnetometer zusammengesetzten Methode gedient hatte, zu der nahe gleichzeitig F. Kohlrausch und ich auf ganz verschiedenen Wegen gelangt sind[15]). Dieser Magnet ist aus Steyrischem Wolfram-Gussstahl der Gebrüder Böhler & Comp. (Special mit goldener Marke «sehr hart») in der Werkstätte des physikalischen Central-Observatoriums von Herrn Freiberg hergestellt, mit einem grossen Electromagnet durch Einschalten zwischen seine Pole magnetisirt und nach der Methode von Strouhal und Barus durch Kochen permanent gemacht. Derselbe hat eine röhrenförmige Gestalt und zwar eine Länge von 110 mm., einen äussern Durchmesser von 14 mm. und einen innern von 10 mm., ferner ein Gewicht von 60,787 g. und ist an seinem Nordpol mit zwei Punkten markirt. Rings um seine Mitte ist auf der Drehbank ein feiner Strich gezogen; ein ebenda eingeschraubter Messingstift dient zum Anfassen des Magnets.

Damals schon wurde der Temperaturcoefficient dieses Magnets von Herrn Leyst bestimmt und gefunden:

$$\mu = 0{,}000525 \pm 0{,}000022.$$

Neuerdings ist der Magnet wieder zu regelmässigen absoluten Intensitätsmessungen nach der Gauss'schen Methode benutzt worden — wofür eben die Kenntniss seines Inductionscoefficienten erforderlich war — und dabei sind von Herrn Leyst folgende Werthe für sein magnetisches Moment bei 0° erhalten worden:

---

15) Annalen des physikalischen Central-Observatoriums für 1884. I. Theil. Einleitung, S. IX und folg.

1886.	M_0 ••	Abweichung vom Mittel.
5. Juli	17549900	+ 2400
14. Juli	17549200	+ 1700
27. Juli	17543200	— 4300
10. August . .	17546800	— 700
28. August . .	17548400	+ 900
Mittel:	17547500	± 2000

Da die mittlere Abweichung der Einzelwerthe innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler fällt, so beweisen diese Zahlenwerthe die Constanz des magnetischen Moments für diese zwei Monate.

Zur Bestimmung der Temperatur des Magnets auf der Schiene und dieser selbst diente ein in $^1/_{10}{}^\circ$ getheiltes Thermometer von Geissler in Bonn mit langer Röhre und cylindrischem Gefäss, das in die Höhlung des Magnets eingeschoben wurde und dabei mit dem in Betracht kommenden Theile der Scale doch aus dem Solenoid hervorragte und so ohne Herausziehen abgelesen werden konnte. Die Correctionen dieses Thermometers sind durch Vergleich mit dem Normalthermometer des physikalischen Central-Observatoriums bestimmt.

Als linearer Ausdehnungscoefficient des Messings der Schiene wurde $m = 0{,}000018$ angenommen.

Der Compensationsmagnet ist ganz gleich, aus demselben Material, in gleicher Weise angefertigt und mit einem Punkt markirt. Der einzige Unterschied besteht darin, dass er nach dem Härten nochmals polirt worden war und daher etwas schwächer als der obige ist.

Die Magnete wurden nur beim ersten Versuch in die Entfernung $E_0 = 600$ mm. vom suspendirten Magnet gebracht, bei allen übrigen Messungen aber in die Entfernung $E_0 = 500$, oder gemäss der Theilungsverification genauer:

$$E_0 = 500{,}10 \text{ mm.}$$

Als abzulenkenden Magnet benutzte man für diese Hauptmagnete einen ebenfalls röhrenförmigen Magneten aus demselben Material und in gleicher Weise bearbeitet, dem aus nachstehenden Gründen die Dimensionen: Länge = 89,5 mm., äusserer Durchmesser 11,5 mm., innerer Durchmesser 7,5 mm. gegeben wurden.

Für senkrecht aufeinander stehende Magnete in der bekannten ersten Hauptlage ist die Grösse x im Ausdruck 7 gegeben durch:

$$x = 1 + \frac{p}{E_0^2} + \frac{r}{E_0^2} + \frac{q}{E_0^4},$$

wo nach Lamont und Chwolson die Constanten p, r und q die Bedeutung haben:

$$p = 2\,F^2 - 3\,f^2,$$

$$q = 3\,F^4 - 15\,F^2 f^2 + \frac{45}{8} f^4,$$

$$r = -3\,(2\,\Gamma^2 - 3\gamma^2),$$

wenn F die halbe Poldistanz beim Hauptmagnet, f dasselbe beim suspendirten Magnet, Γ die halbe Distanz der Pole im Querschnitt des erstern und γ dasselbe beim letztern bedeuten. Allgemein ist aber: $F = \alpha \frac{L}{2}$ und $\Gamma = \alpha' \frac{D}{2\sqrt{2}}$ zu setzen, wo L die Länge und D den äussern Durchmesser des Magnets repräsentiren und die Constanten α und α' Zahlenwerthe zwischen 0,8 und 0,9 besitzen.

Wir haben nun zunächst das Verhältniss der Durchmesser der beiden Magnete: $\frac{d}{D} = \frac{\gamma}{\Gamma}$ (falls α' bei beiden gleich gross) so gewählt, dass man habe:

$$r = 0.$$

Dies ist der Fall, wenn man hat:

$$\frac{d}{D} = \frac{\gamma}{\Gamma} = 0{,}817.$$

Sodann wurde das Längenverhältniss der beiden Magnete so eingerichtet, dass:

$$\frac{p}{E_0^2} + \frac{q}{E_0^4} = 0$$

werde. Dies aber ist der Fall, wenn man hat:

$$\frac{l}{L} = \frac{f}{F} = \sqrt{\frac{3\,F^2 + 2\,E_0^2}{15\,F^2 + 3\,E_0^2}}.$$

Unter der Annahme $F = 0{,}44\,L$ und für $L = 110$ mm. und $E_0 = 500$ mm. ergibt sich hieraus:

$$\frac{l}{L} = 0{,}804, \text{ also } l = 88{,}4 \text{ mm.}$$

Unser Magnet war indessen für $E_0 = 750$ mm. angefertigt worden, in welchem Falle sein müsste:

$$\frac{l}{L} = 0{,}811, \text{ also } l = 89{,}2 \text{ mm.}$$

Trotz der 1 Procent betragenden Abweichung des wirklichen Längenverhältnisses der Magnete vom theoretisch geforderten in unserm Fall wird doch der Werth von x, wie eine kleine Rechnung zeigt, noch nicht um 0,001 von 1 abweichen. Wir können als mit genügender Sicherheit in unserm Falle

$$x = 1$$

setzen.

Für den suspendirten Magnet betrug die Ablenkung δ aus dem magnetischen Meridian für 360° Drehung am Torsionskreis 4,9 bis 5,7 zu verschiedenen Zeiten. Nach der Formel: $\theta = 0{,}0000463 \cdot \delta$ ist daher im Mittel:

$$\theta = 0{,}000245.$$

Bei der Tangenten-Boussole fand man $\delta' = 8{,}1 - 9{,}7$, so dass im Mittel ist:

$$\theta' = 0{,}000412.$$

Für unsere Versuche ergibt sich also:

$$1 + \theta - \theta' = 0{,}999833.$$

Die Stromstärken in den Solenoiden wurden anfänglich so regulirt, dass das Magnetisirungssolenoid das eine Mal eine Scheidekraft ungefähr gleich der der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus und das andere Mal gleich derjenigen der Vertikal-Intensität auf den Magnet ausübte, später wurde nur mit einer Scheidekraft von der letztern Grösse operirt.

Die jeweiligen Messungen erfolgten in der bei Aufstellung der Gleichungen 1—4 angegebenen Weise und Reihenfolge, und zwar wurden je zuerst fünf gleichzeitige Ablesungen der Gleichgewichtslagen der Magnete im Unifilar-Magnetometer und in der Tangenten-Boussole, sowie am Instrument für Declinationsvariationen im unterirdischen Pavillon gemacht, darauf erfolgten 4 bis 8 gleichzeitige Ablenkungsbeobachtungen am Unifilar und der Tangenten-Boussole unter abwechselnder Commutirung des Stromes bei den Magnetisirungssolenoiden und bei der Tangenten-Boussole wieder mit gleichzeitigen Ablesungen der Variations-Instrumente für Declination und Horizontal-Intensität im unterirdischen Pavillon, welche die Werthe von φ_1 resp. s_1, sowie ψ_1 resp. σ_1, auch n_1 lieferten. Nach Oeffnung des Stromkreises wurden dann die Magnete auf die Schienen gebracht, ihre Temperatur beobachtet und fünf gleichzeitige Ablesungen am Unifilar und an den Variations-Instrumenten in Intervallen von je 1 Minute gemacht, was φ_2 resp. s_2, sowie t_2 und n_2 gibt. Liess man jetzt den Strom in solcher Richtung im Magnetisirungssolenoid kreisen, dass er den Magnetismus des Hauptmagneten verstärkte, so ergaben 10—20 je in Intervallen von 1 Minute erfolgende Ablesungen am Unifilar und an der Tangenten-Boussole, mit Commutirung des Stromes bloss bei ihr, nebst gleichzeitigen Beobachtungen der Variations-Instrumente und der Thermometer bei den Magneten die Daten für φ_3 resp. s_3, sowie ψ_3 resp. σ_3 und für t_3 und n_3. Entsprechende Beobachtungen nach Umkehr des Stromes im Magnetisirungssolenoid, also unter Schwächung des Hauptmagnets, lieferten die Werthe von φ_4 resp. s_4, ψ_4 resp. σ_4 und von t_4 und n_4. Schliesslich wurden nochmals nach Entfernung der Magnete und bei ge-

öffnetem Strom die Gleichgewichtslagen der Magnete bei allen Instrumenten gleichzeitig beobachtet. Das Mittel dieser entsprechenden Grössen zu Anfang und Ende der Beobachtungen ergab für das Unifilar und die Tangenten-Boussole die Grundlage zur Ableitung der Gleichgewichtslagen ihrer Magnete während der Ablenkungsbeobachtungen aus den Ablesungen des Variations-Declinatoriums im unterirdischen Pavillon. Heissen wir z. B. diese Mittel beim Unifilar-Magnetometer und beim Declinatorium beziehungsweise s_x und d_x, so wäre offenbar die gesuchte Gleichgewichtslage s_t jenes Magnets zur Zeit t, wo am Declinatorium d_t abgelesen wird:

$$s_t = s_x + (d_t - d_x) \frac{D}{D'},$$

wenn D die Entfernung von Scale und Spiegel beim Unifilar und D' diejenige beim Declinatorium darstellen. Nach Seite 19 ist aber:

$$D = 4025{,}3 \text{ Scalentheile (mm.).}$$

und nach den Abmessungen beim Declinatorium (Unifilar-Magnetometer von Edelmann) ist seit dem 18. Mai 1886:

$$D' = 4447{,}0 \text{ Scalentheile (mm.)}$$

Man hat also auch:

$$s_t = s_x + (d_t - d_x)\ 0{,}90517.$$

Diese Berechnung muss in aller Schärfe, d. h. bis auf 0,01 Scalentheil ausgeführt werden, da die bei den Ablenkungen abgelesenen Scalentheile von diesen Werthen zu subtrahiren sind, um die Grössen s_1, s_2 etc. zu erhalten, also jeder dabei begangene Fehler mit dem vollen Betrag in diese eingehen würde.

Wie schon unsere Formeln zeigten, ist der Einfluss der Intensitätsvariationen ein viel geringerer, so dass da die Zehntel Scalentheile mehr als genügend sind und auch der Empfindlichkeits-Coefficient des Variations-Bifilars nur angenähert bekannt sein muss. Es ist für die Monate Juni—August 1886 im Mittel beim Bifilar-Magnetometer von Edelmann gewesen:

$$K = 0{,}0003015.$$

Bisweilen wurde zwischen den beiden Beobachtungen mit entgegengesetzter Magnetisirung nochmals die blosse Wirkung der Magnete ohne Strom gemessen und vor der Schlussbeobachtung der Gleichgewichtslagen meistentheils nochmals die Ablenkungen durch die Ströme allein beobachtet. In diesen Fällen combinirte man dann die Mittel der betreffenden Anfangs- und Endbeobachtungen mit den zwischenliegenden Magnetisirungsmessungen.

Folgendes sind nun die Mittelwerthe der in die Formeln 6 einzuführenden Grössen, wie sie sich aus den Beobachtungen ergeben haben. Bei denselben hat mich Herr Leyst

freundlichst unterstützt, indem er bald die Ablesungen an der Tangenten-Boussole, bald die am Unifilar-Magnetometer anstellte, während ich das andere Instrument beobachtete und zugleich einer der Beobachter des Observatoriums im unterirdischen Pavillon die Variations-Instrumente ablas. Ebenso hat Herr Leyst die Controllberechnung der Messungen ausgeführt.

1886.	2. August $E_0 = 600.$		5. August $E = 500.$		6. August $E = 500.$		13. August $E = 500.$		14. August $E = 500.$	
s_1	1,13	3,03	— 0,05	— 0,06	— 0,35	— 0,28	— 2,35	— 2,29	— 0,70	— 0,62
s_2	4,80	4,90	— 0,55	— 0,56	0,25	0,27	— 1,53	— 1,47	— 0,75	— 0,73
s_3	6,80	10,27	3,30	0,86	3,70	3,67	0,07	0,04	2,67	2,67
s_4	2,80	— 0,70	— 4,42	— 2,07	— 3,32	— 3,30	— 3,46	— 3,26	— 4,27	— 4,28
σ_1	177,6	476,9	472,3	177,3	461,8	468,7	483,5	483,1	484,4	482,7
σ_3	177,6	478,9	471,0	177,3	466,5	467,0	483,4	483,0	484,5	482,8
σ_4	177,1	478,7	472,2	176,6	465,1	468,1	483,4	483,5	484,1	483,8
t_2	18,0	18,1	18,4	18,4	18,00	18,00	19,47	19,51	19,29	19,31
t_3	18,0	18,1	18,4	18,4	18,00	18,00	19,49	19,52	19,30	19,31
t_4	18,0	18,1	18,4	18,4	18,00	18,00	19,50	19,50	19,30	19,32
n_2	308,6	309,9	314,3	314,5	316,5	316,6	313,3	313,8	315,8	317,6
n_3	308,3	310,3	314,0	314,1	317,1	315,3	314,7	315,3	315,7	318,0
n_4	308,3	310,7	313,3	314,1	317,0	316,6	313,0	314,6	314,2	317,0
$t_2 - t_3$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	— 0,02	— 0,01	— 0,01	0,00
$t_2 - t_4$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	— 0,03	0,01	— 0,01	— 0,01
$n_2 - n_3$	0,3	— 0,4	0,3	0,4	— 0,6	1,3	— 1,4	— 1,5	0,1	— 0,4
$n_2 - n_4$	0,3	— 0,8	1,0	0,4	— 0,5	0,0	0,3	— 0,8	1,6	0,6
ψ_3	1°15′ 43″	3°23′ 18″	3°19′ 59″	1°15′ 35″	3°18′ 5″	3°18′ 18″	3°25′ 12″	3°25′ 3″	3°25′ 40″	3°24′ 57″
ψ_4	1 15 30	3 23 13	3 20 29	1 15 15	3 17 30	3 18 46	3 25 12	3 25 16	3 25 31	3 25 22
H_3	1,6368	1,6378	1,6397	1,6397	1,6412	1,6403	1,6400	1,6403	1,6405	1,6416
X_3	1,636	4,396	4,331	1,636	4,291	4,296	4,446	4,442	4,456	4,440

In dieser Tabelle sind die Temperaturen bereits corrigirt und vom 6. August an nur desshalb mit den früher bei der Ablesung vernachlässigten Hundertsteln eines Grades angegeben, um zu zeigen, wie wenig die Temperatur während der Versuche variirte. — Die am Variations-Bifilar abgelesenen Scalentheile n sind bereits auf die Normaltemperatur von 21°,0 desselben reducirt (dieselbe betrug übrigens im Maximum bloss 1,04 Scalentheil entsprechend 0°,7 Abweichung von 21°,0). Aus den n_3 ist die Horizontal-Intensität am Schlusse der Tabelle nach der für Juni—August geltenden Formel dieses Bifilars:

$$H_3 = 1{,}63272 + 0{,}0004938\ (n_3 - 300)\ \text{mm. mg. s.}$$

berechnet worden, während die Magnetisirungskraft des Solenoids X_3 im Verstärkungsfalle in absolutem Maasse: mm. mg. s. nach der Formel:

$$X_3 = J_3 \cdot C = C \cdot \frac{H_3 . \text{tang} . \psi_3}{K}$$

abgeleitet wurde, wo C und K die oben mitgetheilten Zahlenwerthe haben. Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass den vorstehenden Zahlen zufolge der Werth von X_4 im Schwächungsfalle fast identisch mit X_3 ist.

Die Tabelle zeigt nun, dass die Differenzen $n_2 - n_3$ und $n_2 - n_4$ im Maximum 1,6 erreichten, der an s_2 in den Formeln 6 anzubringende Correctionsfactor würde also im Maximum 1,00048 betragen, ist somit durchaus zu vernachlässigen.

Die stärkste Variation der Stromesstärke während eines Versuchs kommt am 6. August vor, wo bei der ersten Beobachtungsserie ist:

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{466,5}{461,8} = 1,0102.$$

Da aber gerade bei dieser Beobachtung der Werth von s_1 nur 0,35 war, so würde diese Correction auch noch nicht 0,01 Scalentheil betragen. Wir können daher auch diesen Factor in den Formeln 6 gleich 1 setzen.

Für den mittleren Werth: $H_4 = H_3 = 1,6401$ und für $E_0 = 500$ wird endlich in den Formeln 6 nach Gleichung 7:

$$\frac{B}{1 + k (n_3 - n_0)} = 1380 \text{ (Scalentheile).}$$

Da der Fehler der Compensation der Magnete im Maximum 5 Scalentheile betrug ($s_2 = 4,9$ am 2. August), so ist dies auch im Maximum die Differenz von B und B' d. h. etwa 0,3 Procent.

Da ferner das Thermometer beim Compensationsmagnet stets gleiche Temperaturdifferenzen anzeigte wie beim Hauptmagnet und $m = m'$ zu setzen ist, so reduciren sich die mit den Factoren B und B' behafteten Glieder auf den Werth:

$$1308 \cdot (t_2 - t_3)(\mu - \mu') \qquad \text{resp. } 1308 \cdot (t_2 - t_4)(\mu - \mu').$$

In Ermangelung der Kenntniss des Temperaturcoefficienten des Compensationsmagnets ist dessen Werth aus dem Vergleich mit zwei andern ganz gleichen, aber neuern Magneten desselben Apparats angenähert fixirt worden. Für diese sind nämlich die Temperaturcoefficienten bei 20° C. 0,000344 und 0,000350 gefunden worden. Wir dürfen darnach die Differenz: $\mu - \mu'$ nicht wohl höher als 0,00006 i. e. das 10fache schätzen. Mit dem Maximum der Temperaturdifferenzen $t_2 - t_3$ und $t_2 - t_4$ unserer Tabelle, nämlich: $t_2 - t_4 = 0°,03$ am 13. August und dem vorstehenden Werthe erhält man somit in unserm Falle:

$$B \frac{(3m + \mu)(t_2 - t_4)}{1 + k (n_4 - n_0)} - B' \frac{(3m + \mu)(t'_2 - t'_4)}{1 + k (n_4 - n_0)} = 1308 \cdot 0,03 \cdot 0,00006 = 0,00234$$

so dass also in den Gleichungen 6 die algebraische Summe der mit den Factoren B und B' behafteten Glieder nur 0,002 Scalentheil ausmachen würde.

Bei unserm Versuch war M'_0 nahe $= M_0$, $E'_0 = E_0$, und da der Werth des Inductionscoefficienten unseres Hauptmagnets $\nu'' = 0{,}0007$ in runder Zahl ist, so nimmt das Glied: $\frac{2\nu'' M'_0}{(E + E'^0)^3}$ im Ausdruck von A den Werth:

$$0{,}000024,$$

ist also ebenfalls unbedenklich zu vernachlässigen.

Was endlich die Factoren a' und a'' betrifft, so reduciren sich dieselben in unserm Falle, wo, wie wir bereits gezeigt, $B = B'$ zu setzen ist und wegen der Gleichheit der beiden Magnete jedenfalls auch nahezu $\nu_1' = \nu'$ und $\nu_1'' = \nu''$ sein wird auf die Ausdrücke:

$$a' = 1 - \frac{1}{C}\left(F_1 + \frac{\nu''}{\nu'}(F - c_1)\right),$$

$$a'' = 1 - \frac{1}{C}\left(F_1 + \frac{\nu'}{\nu''}(F - c_1)\right),$$

oder, wenn wir die Kleinheit des Unterschiedes von ν' und ν'', wie die Versuche sie ergeben haben, zum Voraus berücksichtigen:

$$a' = a'' = 1 - \frac{F + F_1 - c_1}{C}.$$

Nun ist mit genügender Annäherung:

$$F = \frac{2\pi n R^2}{[R^2 + (E_0 + e)^2]^{3/2}}, \qquad F_1 = \frac{2\pi n R^2}{[R^2 + (E'_0 - e)^2]^{3/2}},$$

$$c_1 = \frac{4\pi}{(E_0 + E'_0)^3}[A_1 R_1^2 + A_2 R_2^2 + A_3 R_3^2],$$

wo R der Radius und n die Zahl der Windungen auf der Compensationsspule, e ihr Abstand vom suspendirten Magnet gegen den Compensationsmagnet hin, endlich A_1, A_2 etc., R_1, R_2 etc. die S. 14 angegebene Bedeutung beim Magnetisirungssolenoid haben.

Da nun nach Früherem:

$n = 10$, $R = 100$ mm., $e = 90$ mm., $E_0 = E'_0 = 500$ mm.,

$A_1 = 84$, $R_1 = 136{,}11$ mm.,

$A_2 = 70$, $R_2 = 112{,}72$ »

$A_3 = 42$, $R_3 = 67{,}98$ »

so wird:

$$F = 0{,}00586, \qquad F_1 = 0{,}01672, \qquad c_1 = 0{,}03313$$

und da ist:

$$C = 12{,}091,$$

so kommt schliesslich:

$$a' = a'' = 1{,}00087,$$

wornach mit genügender Sicherheit auch diese Factoren bei unserer Disposition des Apparates als der Einheit gleich angenommen werden können.

Somit reduciren sich die Gleichungen 6 für die Berechnung unserer obigen Beobachtungen in der That auf die einfachen sub 8 aufgeführten Formeln, wo die Constante A nach 7 und den nachstehenden Daten:

$$K = 0{,}266556, \qquad D = 4025{,}3,$$

$$E_0 = 500{,}10, \qquad M_0 = 17547500,$$

$$1 + \theta - \theta' = 0{,}999833, \qquad C = 12{,}091,$$

und da $x = 1$ ist, den Werth annimmt:

$$A = 0{,}000009758$$

und ferner ist:

$$3m + \mu = 0{,}000579.$$

Für die Beobachtungen vom 2. August, wo $E_0 = 600{,}10$ mm. war, wird:

$$A = 0{,}000016860.$$

So ergeben sich denn folgende Werthe für die beiden Inductionscoefficienten ν' und ν'' des Magnets ●● :

1886.	ν'	ν''	x
2. August . . .	0,000673	0,000675	1,64
	0,000674	0,000740	4,40
5. August . . .	0,000661	0,000663	4,33
	0,000664	0,000707	1,64
6. August . . .	0,000650	0,000672	4,29
	0,000629	0,000656	4,30

1886.	ν'	ν''	X
13. August . . .	0,000652	0,000707	4,45
	0,000628	0,000674	4,44
14. August . . .	0,000679	0,000696	4,46
	0,000665	0,000688	4,44

Aus diesen Resultaten ergiebt sich nun zunächst, dass ohne irgend eine Ausnahme, wenn auch in variirendem Verhältniss, bei unserm Magneten der Inductionscoefficient ν'' bei Schwächung des magnetischen Moments grösser ist als derjenige ν' bei Verstärkung desselben und zwar, wie die Beobachtungen vom 2. und 5. August zeigen, ebenso wohl für die geringere Scheidungskraft von der Ordnung der Horizontal-Intensität als für die fast drei Male grössere, annähernd der Vertikal-Intensität des Erdmagnetismus entsprechende.

Nehmen wir aus den vom 6. August an erhaltenen Werthen, die wegen der ausschliesslich grössern Scheidungskraft, sowie wegen der zahlreichen einzelnen Ablesungen auf grössere Sicherheit als die frühern Anspruch machen können, das Mittel, so ergiebt sich:

$$\nu' = 0{,}0006505 \pm 0{,}0000148,$$

$$\nu'' = 0{,}0006822 \pm 0{,}0000148;$$

$$\frac{\nu' + \nu''}{2} = 0{,}0006663, \qquad \nu'' - \nu' = 0{,}0000317.$$

Es beträgt also die Differenz der beiden Coefficienten bloss 5 Procent ihres Mittel, während dieselbe nach der Lamont'schen Regel nahe 30 Procent sein sollte.

Die Erklärung für den, allerdings viel geringern, Widerspruch gegen das von F. Kohlrausch und Sack gefundene Resultat der vollständigen Gleichheit der beiden Coefficienten, wenigstens für die hier vorliegenden Scheidungskräfte, dürfte in der schon S. 6 von mir ausgesprochenen Vermuthung einer zeitlichen Nachwirkung der Induction zu suchen sein, welche bei der Weber'schen Methode nicht zur Beobachtung resp. Wirkung gelangt, dagegen bei meiner Methode nicht bloss mit bestimmt wird, sondern sogar, wie es den Anschein hat, direct verfolgt werden kann. Bei den Beobachtungen am 13. und 14. August erhielt man nämlich nach Anbringung der vom Einfluss der Tangenten-Boussole je nach der Stromesrichtung daselbst herstammenden Correction von $\pm$ 0,06 Scalentheil in aufeinander folgenden Zeiten folgende einzelne oder Gruppenmittelwerthe von s_3 und s_4:

13. August 3^h41^m Stromesschluss — Verstärkung.
3 43—45 $s_3 = 0{,}00$
47—50 $= 0{,}12$

Umkehr des Stromes — Schwächung.

13. August 3^h53—56^m $s_4 = -3{,}34$
58—60 $= -3{,}57$

Strom unterbrochen.

4 9 Stromesschluss — Schwächung.
11 $s_4 = -3{,}15$
13 $= -3{,}37$

Umkehr des Stromes — Verstärkung.

4 15 $s_3 = -0{,}02$
17 $= 0{,}10$

14. August 4^h47^m Stromesschluss — Verstärkung.
48—52 $s_3 = 2{,}65$
53—57 $= 2{,}68$
58—62 $= 2{,}69$

Umkehr des Stromes — Schwächung.

5 4— 8 $s_4 = -4{,}23$
9—13 $= -4{,}30$
15—19 $= -4{,}27$

Strom unterbrochen.

5 30 Strom geschlossen — Schwächung.
31—34 $s_4 = -4{,}25$
35—38 $= -4.31$

Umkehr des Stromes — Verstärkung.

5 43—46 $s_3 = 2{,}67$
47—51 $= 2{,}67$

Wir ersehen hieraus, dass durchweg sowohl bei der Verstärkung als Schwächung die entsprechende durch die Ablenkungen s_3 und s_4 ausgedrückte Induction mit der Zeit noch etwas zunimmt und zwar die Schwächung in etwas höherem Maasse, woraus sich dann eine Verschiedenheit der für die erste momentane Wirkung gleich grossen Coefficienten ergeben könnte. Diese Differenzen sind indessen bei unsern bisherigen Beobachtungen so klein und so nahe der Grenze der Beobachtungsfehler, dass es gewagt wäre, hierauf schon definitive

Schlüsse zu basiren. Leider liess es die in der Mitte ausgebogene Gestalt der Schiene nicht zu, mit dem Magnetisirungssolenoid und daher auch mit dem Magneten darin näher an den suspendirten Magnet heranzukommen und so, wie oben bereits angedeutet, eine Vergrösserung der Werthe von s_3 und s_4 zu erzielen. Künftige, in diesem Sinne modificirte Beobachtungen werden wohl nicht bloss hierüber, sondern auch über die aus unsern Resultaten sich ergebende eigenthümliche Thatsache Aufschluss geben, dass vom 6. August an die am gleichen Tage mit gleichen Kräften erhaltenen zweiten Werthe der Coefficienten ohne Ausnahme erheblich kleiner sind als die zuerst bestimmten.

Nach derselben Methode und mit demselben Apparat haben ferner Herr Leyst und ich weiterhin die beiden Inductionscoefficienten für die beiden Hauptmagnete des neuen Bifilar-Theodoliths bestimmt. Dieselben sind aus demselben Stahl wie der obige Magnet, in gleicher Weise wie jener hergestellt, ebenfalls röhrenförmig, und zwar beträgt übereinstimmend bei beiden:

das Gewicht . . . . . 77,5 g., die Länge . . . . . 80 mm.,

der äussere Durchmesser . 16 mm., der innere Durchmesser. . 10 mm.

Die beiden Magnete sind durch die Marken • und •• an ihrem Nordpol unterschieden und ihre magnetischen Momente und Temperaturcoefficienten ergaben sich:

$$\bullet\ M'_0 = 13878900, \qquad \mu' = 0{,}000616,$$

$$\bullet\bullet\ M''_0 = 13874200, \qquad \mu'' = 0{,}000685.$$

Der suspendirte Magnet hat hier entsprechend den Anforderungen auf S. 20 die Dimensionen $l = 64{,}7$ mm., d aussen 13,0 und innen 8,2 mm. Es wird also auch hier $x = 1$ sein. Für diesen Magnet ergab sich die Torsionsgrösse $\theta = 0{,}000227$.

Da auch wieder bei einer Entfernung des Magnets $E_0 = 500{,}10$ mm. vom suspendirten beobachtet wurde, so sind die Constanten der Formel 8 für diese Magnete beziehungsweise:

$$A' = 0{,}000012336 \qquad A'' = 0{,}000012341$$

$$3m + \mu' = 0{,}000670 \qquad 3m + \mu'' = 0{,}000739.$$

Bei den Berechnungen wurde als übrig genau (siehe S. 12) angenommen:

$$3m + \mu' = 3m + \mu'' = 0{,}00070.$$

Die Beobachtungen ergaben folgende Daten:

1886.	17. August M. •	21. August M. ••	24. August M. •	24. August M. ••
s_1	— 0,767	— 1,458	0,528	0,545
s_2	— 0,948	0,398	0,023	1,394
s_3	2,185	2,998	4,407	6,198
s'_2	— 0,904	—	— 0,037	1,422
s_4	— 4,076	— 2,248	- 4,368	— 3,240
σ_1	507,2	491,8	505,5	498,6
σ_3	507,3	494,6	508,3	499,6
σ_4	507,1	491,0	505,1	498,0
t_2	18,50	19,88	18,83	19,96
t_3	18,50	19,90	18,82	19,95
t_4	18,51	19,92	18,84	19,96
n_2	315,9	310,7	313,6	315,9
n_3	316,7	310,6	313,5	316,1
n'_2	315,4	—	315,3	315,8
n_4	313,6	310,9	315,1	315,5
$t_2 - t_3$	0,00	— 0,02	0,01	+ 0,01
$t_2 - t_4$	— 0,01	— 0,04	— 0,01	0,00
$n_3 - n_2$	0,8	— 0,1	— 0,1	0,2
$n_4 - n'_2$	— 1,8	0,2	— 0,2	— 0,3
ψ_3	3°35′ 15″	3°29′ 54″	3°35′ 39″	3°32′ 1″
ψ_4	3 35 9	3 28 23	3 34 18	3 31 20
H_3	1,6410	1,6380	1,6394	1,6407
X_3	4,667	4,553	4,671	4,596

Diese Daten zeigen zunächst, dass auch bei diesen Magneten gestattet ist, behufs Berechnung der Inductionscoefficienten sich an die einfachen Formeln 8 zu halten. Man erhält so:

	Magnet •		Magnet ••	
1886	ν'	ν''	ν'	ν''
17. und 21. August	0,000777	0,000785	0,000830	0,000846
24. August	0,000766	0,000761	0,000862	0,000836
Mittel	0,000771	0,000773	0,000846	0,000841
	± 0,000005	± 0,000012	± 0,000016	± 0,000005

Hier sind also bei beiden Magneten innerhalb der Fehlergrenze der Beobachtungen die Werthe von ν' und ν'' identisch, obschon bei Aenderungen der magnetischen Einwirkungen stets mindestens zwei Minuten bis zum Beginn der Beobachtung zugewartet wurde.

Im Einklang mit unserer obigen Erklärung der Verschiedenheit der beiden Inductionscoefficienten durch Nachwirkung finden wir bei diesen Magneten auch keine so bestimmten Zunahmen der betreffenden Ablenkungen mit der Zeit, wie wir dies beim vorigen Magnet beobachtet haben. Am 17. und 21. August ergaben sich z. B. folgende Werthe:

17. August.	Magnet ●		Magnet ●●	21. August.
4^h48^m p.	Stromesschluss —		Verstärkung.	10^h45^m a.
50—55	2,141	s_3	2,995	47—50
56—60	2,189		3,010	51—54
5 3— 8	2,251		2,933	55—58
9—13	2,161		3,052	11 0— 3
5^h18^m p.	Stromesschluss —		Schwächung.	11^h 3^m a.
19—23	—4,093	s_4	—0,267	5— 8
25—29	—4,077		—0,237	9—12
30—34	—4,065		—0,247	13—16
35—39	—4,069		—0,242	17—20

Am 24. August ergaben sich sogar von den frühern zu den spätern Werthen durchweg Abnahmen der Ablenkungen.

24. August.	Magnet ●		Magnet ●●	24. August.
3^h 6^m p.	Strom geschlossen —		Verstärkung.	4^h18^m p.
8—11	4,417	s_3	6,270	20—23
13—16	4,397		6,127	24—27
	Strom aufgehoben.			
3^h22^m	Strom geschlossen —		Schwächung.	4^h34^h p.
24—27	—4,392	s_4	—3,245	36—39
29—32	—4,345		—3,235	50—43

Auch da werden erst weitere Versuche mit einem modificirten Apparat, bei dem durch grössere Annäherung des zu untersuchenden Magnets an die suspendirte Magnetnadel grössere Werthe von s_3 und s_4 erzielt werden können, definitivere Schlüsse zu ziehen erlauben.

Die Resultate unserer bisherigen Untersuchungen sind kurz folgende:

1°. Die neue Methode zur Bestimmung der beiderlei Inductionscoefficienten für Verstärkung und Schwächung gestattet, dieselben sowohl absolut als ihrem relativen Werthe nach mit grosser Sicherheit zu bestimmen.

2°. Die Versuche nach derselben zeigen, dass zwar die Lamont'sche Regel die Differenz der beiderlei Coefficienten viel zu hoch angiebt, dass aber auch anderseits die von Kohlrausch und Sack aus Versuchen mit Inductionsströmen d. h. bei momentaner Wirkung erhaltene Gleichheit der beiderlei Coefficienten für schwächere Kräfte bei längerer Einwirkung derselben nicht allgemein giltig bleibt.

3°. Für erdmagnetische Intensitätsmessungen dürfte unbedenklich die Gleichheit der beiderlei Inductionscoefficienten angenommen und demzufolge zu ihrer Bestimmung auch Methoden, die nur ihr Mittel geben, benutzt werden.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 8.

COMET ENCKE

1865—1885.

VON

O. Backlund.

172720
AUG 29 1886

(Lu le 13 mai 1886.)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers& Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mk. 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 8.

COMET ENCKE

1865—1885.

VON

O. Backlund.

(*Lu le 13 mai 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:
MM. Eggers & Cie
et J. Glasounof;

à Riga:
M. N. Kymmel;

à Leipzig:
Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 40 Kop. = 1 Mk. 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Octobre 1886. C. Vesséłofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In meiner letzten Abhandlung über den Encke'schen Cometen wurde die Erscheinung 1885 discutirt und mit den vier vorhergehenden verbunden. Zweck dieser Verbindung war zunächst nur das Verhalten der Grösse μ' — der Acceleration der mittleren Bewegung — zu untersuchen, also zu prüfen, ob der Werth, welcher aus der Verbindung der Erscheinungen 1871—1881 hervorging, auch den Beobachtungen im Jahre 1885 genügt. Das Resultat war in Bezug auf diese Frage wesentlich bestätigend, und somit eine feste Grundlage gewonnen, um an die definitive Untersuchung über die Bewegung des Cometen von 1868 an zu schreiten. Die Bewegung von diesem Zeitpunkt an beansprucht nämlich ein ganz besonderes Interesse und zwar aus folgendem Grunde: Asten hat durch seine Bearbeitung der Erscheinungen 1819—1868 nachgewiesen, dass die Annahme einer Acceleration der mittleren Bewegung von $0''{,}104$ nothwendig ist, um die Beobachtungen während dieses Zeitraums möglichst gut durch die Theorie darzustellen, während meine Untersuchungen über die Bewegung des Cometen im Zeitraum 1871 bis 1881 für μ' den Werth $0''{,}054$, also nahezu die Hälfte des Asten'schen Werthes ergaben. Von kleineren Schwankungen abgesehen, worüber bis jetzt keine Untersuchungen angestellt werden konnten, muss jeder von diesen Werthen durchschnittlich innerhalb $0''{,}01$ als verbürgt angesehen werden. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass eine Veränderung in der Acceleration der mittleren Bewegung stattgefunden hat, und dies ist das besondere Interesse, welches sich an die Untersuchungen über die Bewegung von 1868 an knüpft. In meiner Abhandlung: «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881» konnten die Zeitgrenzen, innerhalb deren die Acceleration sich verändert hat, nicht näher als 1865 und 1871 angegeben werden. In gegenwärtiger Abhandlung soll diese Frage näher erörtert werden.

Der Encke'sche Comet würde ein vorzügliches Mittel bieten, die Massen der Planeten Jupiter, Erde und Mercur zu bestimmen, wenn er sich allein dem Newton'schen Gravitations-

gesetz gemäss bewegte, oder wenn uns die Natur der Acceleration der mittleren Bewegung bekannt wäre und wir sie genau in Rechnung ziehen könnten. Encke selbst erkannte bald aus der Bewegung des Cometen, dass die seinerzeit als genaueste angenommene Laplace'sche Jupitersmasse fehlerhaft und die von ihm und Nicolai aus den Störungen der Planeten Vesta und Juno erhaltene richtiger ist; für die Mercursmasse leitete er den ersten wissenschaftlich begründeten Werth ab. Ueberhaupt suchte Encke nur diejenige Masse — die Mercursmasse — mit Hülfe des Cometen zu bestimmen, welche anderweitig nicht ermittelt werden konnte. Asten dagegen stellte sich die bedeutende Aufgabe die Massen aller drei Planeten, Jupiter, Erde und Mercur zu bestimmen. Der Werth, den er für die Jupitersmasse erhielt, weicht allerdings nicht sehr von dem Bessel-Schur'schen Werthe ab, jedoch so viel, dass der Unterschied von grosser Bedeutung für die Ermittelung der Bewegung des Cometen ist. Beträchtlich fehlerhaft scheint seine Erdmasse zu sein, indem sie auf einen Werth von 9,01 der Sonnenparallaxe führt, während der wahre Werth der Sonnenparallaxe sich wohl kaum um mehr als 0,05 von 8,80 unterscheiden wird. Bedenkt man nun, dass den Werthen 8,80 und 9,01 Werthe der Erdmasse entsprechen, die um ein Zwöftheil ihres Betrages von einander verschieden sind, so ist Asten's Bestimmung der Erdmasse lange nicht so befriedigend, wie man aus der Grösse der Erdstörungen hätte erwarten können. Wahrscheinlich wird die Bestimmung der Mercursmasse ebenso unsicher sein; es lässt sich dies nicht so leicht entscheiden wie bei den beiden anderen Massen, weil die anderweitig beste Bestimmung, die Leverrier'sche, auch nicht als eine definitive betrachtet werden kann. Die Unsicherheit der durch die Bewegung des Encke'schen Cometen ermittelten Massenwerthe ist nun ohne Zweifel unserer unvollständigen Kenntniss des Gesetzes, nach welchem die mittlere Bewegung beschleunigt wird, zuzuschreiben. In Anbetracht einerseits dieses Umstandes, andererseits der sehr genau bekannten Werthe der Jupitersmasse und der Sonnenparallaxe, habe ich, dem Beispiele Encke's folgend, davon abgesehen neue Bestimmungen für andere Planetenmassen als für die des Mercur abzuleiten.

Auf die Bestimmung der Planetenmassen influirt nicht nur eine unzureichende Kenntniss der Beschleunigung der mittleren Bewegung, sondern auch die Genauigkeit, mit welcher die Störungsrechnungen ausgeführt sind. Die Störungen für den Encke'schen Cometen zu berechnen, ist eine besonders mühsame Arbeit, nicht wegen der Grösse der Störungen, sondern vielmehr wegen der kleinen Periheldistanz und der grossen Annäherung an die Bahnen der inneren Planeten. Die Berechnung der Störungen für einen Umlauf bis auf 1,5 in M und 0,001 in μ kostet schon viele Mühe, will man aber noch weiter gehen, so wächst die Arbeit sehr rasch. Die Genauigkeit von 1,5 resp. 0,001 reicht wohl aus, um einen Durchschnittswerth von μ' zu bestimmen; für die älteren Erscheinungen ist sie mit Rücksicht auf die damaligen Beobachtungen sogar mehr als genügend, mit Rücksicht aber auf die heutige Beobachtungskunst und wenn Aufschluss über kleine Schwankungen in μ' und eventuell eine bessere Massenbestimmung für Mercur gewonnen werden soll, so muss die Genauigkeit der Störungsrechnungen weiter getrieben

werden. Es dürfte hieraus hervorgehen, dass die Untersuchungen über den Encke'schen Cometen mit so grossem Aufwand von mechanischen Rechnungen verknüpft sind, dass man die Wichtigkeit des zu erreichenden Zweckes sorgfältig erwägen muss, damit man nicht vergebens in kaum zu bewältigende Rechnungen hineinfällt. In der vorliegenden Arbeit habe ich mich bemüht die Genauigkeit der Rechnungen der zur lösenden Aufgabe möglichst gut anzupassen; die Aufgabe aber, welche ich mir in dieser Arbeit gestellt, ist: die Untersuchungen über die Bewegung des Cometen 1868—1885 so weit zu führen, dass sie als abgeschlossen zu betrachten sind, bis künftige Erscheinungen mitberücksichtigt werden können.

In Uebereinstimmung mit den in der Abhandlung: «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881» gegebenen Entwickelungen habe ich für die Normalörter die mittlere Anomalie stets nach der Formel:

$$M = M_0 + \mu t + \mu' \tau^2 + m \cos 2u,$$

wo $\tau = \frac{t}{1200}$ und $2\text{am}\,\frac{2K}{\pi}\,u = v$ ist, berechnet. m habe ich ebenso wenig wie φ' — die Veränderung der Excentricität in 1200 Tagen — direct aus den Beobachtungen zu bestimmen gesucht.

I.

Die in dieser Abtheilung gegebenen Zahlen sind zum grossen Theil schon veröffentlicht worden, und ich hätte mich damit begnügen können auf die betreffenden Publicationen zu verweisen; da es aber für die Uebersicht und für die Verbindung der künftigen Erscheinungen mit den hier bearbeiteten nützlich ist alles zusammen zu haben, so sind sie hier in dem Umfange angeführt, wie sie in vorliegenden Untersuchungen Verwendung gefunden haben:

Normalörter.

	M. Z. Berl.	$\mathfrak{A}$.	Decl.
1	1865 Juni 27,0	124° 43′ 54″,5	— 8° 56′ 53″,0
2	Juli 13,0	178 41 21,6	— 43 32 6,8
3	Juli 17,0	196 7 25,4	— 46 31 34,5
4	Juli 22,0	214 3 7,8	— 46 45 46,3
	M. Aequ. 1865,0		
5	1868 Juli 27,5	76° 38′ 46″,1	+ 31° 22′ 24″,7
6	Aug. 15,5	108 13 37,9	+ 30 21 55,7
7	Aug. 23,0	123 9 56,2	+ 27 0 53,5
8	Aug. 30,0	137 31 20,2	+ 21 53 55,7
	M. Aequ. 1868,0		

		M. Z. Berl.	$\mathfrak{A}$	Decl.
9	1871	Oct. 14,5	14° 33′ 31″,4	+ 37° 20′ 29″,5
10		Nov. 5,5	331 43 15,6	+ 35 20 33,4
11		Nov. 15,0	308 45 2,0	+ 25 52 24,7
12		Nov. 25,5	287 51 6,1	+ 11 53 54,2
13		Dec. 5,0	272 45 40,5	— 0 20 7,0
			M. Aequ. 1871,0	
14	1875	Febr. 27,0	5° 36′ 10″,3	+ 10° 4′ 36″,7
15		März 8,0	10 58 49,3	+ 12 5 15,9
16		März 26,0	24 36 29,5	+ 16 13 12,0
17		April 8,0	35 53 45,7	+ 16 49 30,2
			M. Aequ. 1875,0	
18	1878	Aug. 12,5	168° 21′ 3″,8	— 2° 21′ 32″,4
19		Aug. 22,5	186 48 21,5	— 12 48 23,3
20		Sept. 2,5	206 25 28,1	— 21 34 30,8
			M. Aequ. 1878,0	
21	1881	Aug. 29,5	61° 51′ 6″,0	+ 34° 28′ 36″,7
22		Sept. 24,5	100 14 48,3	+ 42 53 35,5
23		Oct. 4,5	128 44 29,7	+ 40 47 9,7
24		Oct. 18,5	168 21 55,8	+ 23 30 19,5
25		Nov. 8,5	203 17 47,7	— 6 14 19,0
			M. Aequ. 1881,0	
26	1885	Jan. 13,5	346° 54′ 47″,4	+ 4° 43′ 13″,9
27		Febr. 5,5	354 51 16,7	+ 6 57 31,3
28		Febr. 14,5	358 14 43,1	+ 7 33 43,7
29		Febr. 25,5	0 25 27,0	+ 6 2 45,9
30		April 19,5	339 18 15,8	— 19 46 27,4
			M. Aequ. 1885,0.	

Die Normalörter 1—17 sind von Asten abgeleitet, die übrigen von mir.

Aequatorial-Constanten.

	1868 Juni 14,0	1871 Juli 15,0	1874 Oct. 27,0
A'	248° 46′ 4″,70	248° 48′ 12″,68	248° 52′ 8″,78
B'	154 48 41,76	154 50 53,98	154 55 12,54
C'	166 36 16,81	166 37 46,80	166 40 54,08
log sin a	9,9979231	9,9979268	9,9979335
log sin b	9,9126295	9,9125512	9,9125344
log sin c	9,7662345	9,7663780	9,7663911
M. Aequ.	1868,0	1871,0	1875,0

	1878 April 24,0	1881 Juli 2,0	1884 Dec. 18,0
A'	248° 54′ 21″,43	249° 3′ 22″,81	149° 6′ 30″,20
B'	154 58 1,15	155 12 10,20	155 15 13,99
C'	166 42 11,78	166 48 21,85	166 51 1,59
log sin a	9,9979428	9,9980004	9,9980018
log sin b	9,9125709	9,9136683	9,9135786
log sin c	9,7662923	9,7639544	9,7641293
M. Aequ.	1878,0	1881,0	1885,0

Diesen Constanten liegt das folgende Elementensystem zu Grunde:

Elemente V. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\left.\begin{array}{rl} M_0 = & 309^\circ\,37'\,25''{,}25 \\ \varphi = & 58\;\;8\;\;47{,}87 \\ \Omega = & 334\;\;36\;\;58{,}43 \\ \pi = & 158\;\;17\;\;12{,}86 \\ i = & 13\;\;7\;\;20{,}00 \end{array}\right\}\text{M. Aequ. 1875,0}$$

$$\mu = 1079''{,}329507$$
$$\mu' = +\,0{,}058584$$
$$\varphi' = -\,2{,}06$$
$$M = M_0 + \mu t + 35''{,}150\,\tau^2 - 4''{,}57\cos 2u.$$

Diese Elemente unterscheiden sich von den Elementen IV_3 in meinen «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881» nur in M_0, μ, μ' und folglich auch im Ausdrucke für M. Bei der Berechnung der Constanten A', B', etc. ist der Leverrier'sche Werth der Schiefe der Ekliptik mit der von Oppolzer angegebenen Correction 0″,59 angewandt worden.

Mit diesem System wurden bis auf einen Fall die folgenden Untersuchungen geführt. Die Elemente, welche in dem einen Falle zur Anwendung kamen, sind dieselben, welche ich in meinem letzten Aufsatze «Comet Encke 1871—1885» durch die Verbindung der fünf letzten Erscheinungen erhielt, nämlich:

Elemente V. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\left.\begin{array}{rl} M_0 = & 309^\circ\,37'\,25''{,}25 \\ \varphi = & 58\;\;8\;\;57{,}15 \\ \Omega = & 334\;\;37\;\;3{,}43 \\ \pi = & 158\;\;17\;\;29{,}84 \\ i = & 13\;\;7\;\;21{,}54 \end{array}\right\}\text{M. Aequ. 1875,0}$$

$$\mu = 1079''{,}326355$$
$$\mu' = +\,0{,}060913$$
$$\varphi' = -\,2{,}14$$
$$M = M_0 + \mu t + 36''{,}5477\,\tau^2 - 4''{,}75\cos 2u.$$

Um die Aequatorialconstanten von dem einen auf das andere System zu reduciren kann man sich der von Asten berechneten Formeln:

$$\begin{aligned} dA' &= d(\pi - \Omega) + 9{,}9928 \quad d\Omega + 8{,}9485 \quad di \\ dB' &= d(\pi - \Omega) + 0{,}0465 \quad d\Omega + 9{,}5311_n \quad di + 9{,}1623_n \, d\varepsilon \\ dC' &= d(\pi - \Omega) + 9{,}8280 \quad d\Omega + 9{,}6127 \quad di + 9{,}4564_n \, d\varepsilon \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \log \sin a &= 9{,}6261 \quad d\Omega + 9{,}9397_n \, di \\ d \log \sin b &= 0{,}2088_n \quad d\Omega + 1{,}1123_n \, di + 1{,}2541_n \, d\varepsilon \\ d \log \sin c &= 0{,}2904 \quad d\Omega + 1{,}4475 \quad di + 1{,}5482 \, d\varepsilon \end{aligned}$$

bedienen, wo die Coefficienten durch ihre Logarithmen angesetzt sind. Für die drei letzten Formeln ist die siebente Decimalstelle als Einheit angenommen.

Störungswerthe.

1. 1874 Oct. 27,0 — 1868 Juni 14,0 $T_0 - T_{-2} = 2326$ Tage

ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
— 4′ 4″,48	— 0″,196610	— 1′ 54″,85	+ 36″,06	— 14″,66	— 32″,84

2. 1874 Oct. 27,0 — 1871 Juli 15,0 $T_0 - T_{-1} = 1200$ Tage

ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
+ 5′ 59″,15	+ 0″,49575	— 29″,29	+ 49,09	— 38,21	+ 5,97

3. 1874 Oct. 27,0 — 1878 April 24,0 $T_1 - T_0 = 1275$ Tage

ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
+ 9′ 16″,58	+ 0″,05914	— 1′ 34″,78	— 18″,81	— 11″,97	— 44″,42

4. 1874 Oct. 27,0 — 1881 Juli 2,0 $T_2 - T_0 = 2440$ Tage

ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
— 1° 48′ 30″,09	— 7″,36697	— 25′ 50″,19	— 7′ 38″,10	+ 7′ 25″,26	— 14′ 16″,31

5. 1874 Oct. 27,0 — 1874 Dec. 18,0 $T_3 - T_0 = 3705$ Tage

ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
— 4° 16′ 31″,09	— 6″,50518	— 23′ 22″,58	— 8′ 33″,52	+ 7′ 9″,00	— 13′ 24″,42

Die Störungen sind nach Hansen's Methode berechnet; wenn aber eine völlig unabhängige Controle nöthig erschien, so wurde diese nach der Methode der Variation der Constanten ausgeführt.

Als Controle konnten auch die vorhandenen Rechnungen über die allgemeinen Störungen theilweise dienen.

Die Planetenmassen, welche diesen Störungswerthen zu Grunde liegen, sind die folgenden:

Mercur	m_0 (☿)	$= \frac{1}{7636440}$
Venus	m_1 (♀)	$= \frac{1}{401839}$
Erde u. Mond	m_2(♁ + ☽)	$= \frac{1}{328129}$
Mars	m_3 (♂)	$= \frac{1}{2680337}$
Jupiter	m_4 (♃)	$= \frac{1}{1047,568}$
Saturn	m_5 (♄)	$= \frac{1}{3501,6}$.

Der Werth der Mercurmasse ist der Asten'sche. Die Erdmasse ist unter Annahme der Sonnenparallaxe = 8″,80 aus der Newcomb'schen Formel:

$$\log \pi^3 = 8{,}35488 + \log m\ (♁)$$

abgeleitet. Für Jupiter ist die Bessel-Schur'sche Bestimmung angenommen. Die Burckhardt'schen Werthe für die Venus- und Marsmassen ebenso wie der Bessel'sche für die Saturnmasse unterscheiden sich ohne Zweifel so wenig von den wahren, dass der Fehler mit Rücksicht auf die Geringfügigeit der Störungen durch diese Massen ohne Bedeutung ist.

Da die Correction der angenommenen Mercursmasse bestimmt werden soll, so ist es nöthig die in den obigen Störungswerthen enthaltenen Mercursstörungen des Cometen getrennt anzuführen. Sie sind für die angegebenen Zeitintervalle der Reihe nach:

	ΔM	$\Delta\mu$	$\Delta\varphi$	$\Delta\Omega$	$\Delta\pi$	Δi
1)	— 5″,92	+ 0″,00486	— 0″,17	+ 0″,09	0″,00	0″,00
2)	— 1,14	+ 0,00421	— 0,11	— 0,03	+ 0,02	— 0,01
3)	+ 3,12	+ 0,00275	— 0,11	— 0,11	+ 0,13	— 0,00
4)	+ 4,69	+ 0,01102	— 0,55	+ 0,74	+ 0,53	+ 0,35
5)	+ 21,69	+ 0,01404	— 0,75	+ 0,71	+ 0,72	+ 0,34

Die Mercursstörungen sind nur für denjenigen Theil der Cometenbahn, in welchem die Entfernung des Cometen von der Sonne kleiner als 1,2 ist, direct berechnet; für den übrigen Theil der Bahn sind sie durch Beziehung der Bewegung auf den Schwerpunkt Sonne—Mercur und umgekehrt ermittelt. Die Formeln, die ich dabei angewandt habe, mögen hier angesetzt werden.

Wird die Bahn des Cometen als xy—Ebene und die Knotenlinie dieser Bahn mit derjenigen des Planeten als x—Axe genommen, so sind nach Hansen's Bezeichnungsweise, die rechtwinkligen Coordinaten des Cometen:

$$x = r \cos (f + \Pi)$$

$$y = r \sin (f + \Pi)$$

und diejenigen des Planeten:

$$x' = r' \cos (f' + \Pi')$$

$$y' = r' \cos J \sin (f' + \Pi')$$

$$z' = - r' \sin J \sin (f' + \Pi').$$

Hieraus ergiebt sich:

$$\frac{dx}{dt} = - \frac{an}{\cos \varphi} \{ e \sin \Pi + \sin (f + \Pi) \}$$

$$\frac{dy}{dt} = + \frac{an}{\cos \varphi} \{ e \cos \Pi + \cos (f + \Pi) \}$$

und

$$\frac{dx'}{dt} = - \frac{a'n'}{\cos \varphi'} \{ e' \sin \Pi' + \sin (f' + \Pi') \}$$

$$\frac{dy'}{dt} = + \frac{a'n'}{\cos \varphi'} \cos J \{ e' \cos \Pi' + \cos (f' + \Pi') \}$$

$$\frac{dz'}{dt} = - \frac{a'n'}{\cos \varphi'} \sin J \{ e' \cos \Pi' + \cos (f' + \Pi') \}.$$

Setzt man nun zur Abkürzung:

$$W = y'x - x'y$$

$$V = x' \frac{dy}{dt} - y' \frac{dx}{dt},$$

so ergeben sich leicht mit Hülfe der in Hansen's «Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten» Theil II, § 3 gegebenen Entwickelungen die folgenden daselbst angeführten Formeln für die Transformation vom Schwerpunkt des Systems Sonne—Planet auf den Schwerpunkt der Sonne:

$$n \delta z = m' \frac{nh}{k^2} W$$

$$\nu = \frac{1}{3} m' + m' \frac{h}{k^2} V$$

$$r \, \delta s = m' z' \cos i.$$

Bei der Transformation vom Schwerpunkte der Sonne auf den Schwerpunkt des Systems hat man selbstverständlich nur die Zeichen der rechten Seiten dieser Formeln zu verändern. Wenn man ausserdem die Elementencorrectionen haben will, die aus dieser

Transformation hervorgehen, so sind noch die Differentialquotienten von $n\delta z$, ν und $r\delta s$ in Bezug auf t nöthig. Man findet nach Differentiation der angeführten Formeln und unter Berücksichtigung der Relationen:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -k^2\frac{x}{r^3},\quad \frac{d^2y}{dt^2} = -k^2\frac{y}{r^3},\quad \frac{d^2x'}{dt^2} = -k^2\frac{x'}{r'^3},\quad \frac{d^2y'}{dt^2} = -k^2\frac{y'}{r'^3}$$

die folgenden Ausdrücke:

$$\frac{d\delta z}{dt} = -\frac{m'h}{k^2}(V-V')$$

$$\frac{d\nu}{dt} = +\frac{m'h}{r^3}W + \frac{m'h}{k^2}W'$$

$$\frac{dr\delta s}{dt} = m'\cos i\,\frac{dz}{dt},$$

wo

$$W' = \frac{dx'}{dt}\frac{dy}{dt} - \frac{dy'}{dt}\frac{dx}{dt}$$

$$V' = x\frac{dy'}{dt} - y\frac{dx'}{dt}$$

gesetzt ist. Diese Formeln gewähren eine sehr leichte und sichere Rechnung. Behufs Controle wurden $n\delta z$, ν und $r\delta s$ nach den von Hansen in seiner Pariser Preisschrift etwas anders gestellten Formeln für mehrere Daten berechnet und dann die $\frac{d\delta z}{dt}$, $\frac{d\nu}{dt}$ und $\frac{dr\delta s}{dt}$ durch mechanische Differentiation abgeleitet.

Mit den angeführten Störungswerthen wurden die zu vergleichenden Elemente von 1874 Oct. 27,0 auf die Epochen 1868 Juni 14,0, 1871 Juli 15,0, 1878 April 24,0, 1881 Juli 2,0 und 1884 Dec. 18,0 reducirt. Ausserdem wurden die die Lage der Cometenbahn bestimmenden Elemente mit Hülfe der Praecessionsformeln auf dieselben Aequinoctien bezogen, für welche die Normalörter gegeben sind. Zur möglichst scharfen Vergleichung der Elemente mit den Beobachtungen müssen die für die Zeiten der Normalörter stattgefundenen Störungen angebracht werden. Der Vollständigkeit wegen mögen dieselben auch angeführt werden.

	$n\delta z$	ν	Δx	Δy	Δz
5	—0,″55	— 8	+ 3	+ 17	— 24
6	—0,95	— 31	+ 5	+ 30	— 40
7	—0,99	— 51	+ 6	+ 34	— 48
8	—0,96	— 79	+ 6	+ 36	— 50
9	+0,09	— 58	— 1	— 6	+ 9
10	+0,68	— 99	— 1	— 6	+ 8
11	+1,13	—123	0	— 2	+ 3
12	+1,73	—142	+ 1	+ 3	— 5
13	+2,45	—152	+ 2	+ 12	— 16

	$n\delta z$	v	Δx	Δy	Δz
14	— 1″,58	— 17	+ 4	+ 24	— 36
15	— 1,75	— 29	+ 5	+ 28	— 39
16	— 1,86	— 79	+ 6	+ 33	— 46
17	— 1,52	— 171	+ 7	+ 29	— 37
18	— 1,29	+ 228	— 1	— 4	+ 5
19	— 2,34	+ 267	— 2	— 10	+ 14
20	— 3,67	+ 298	— 2	— 14	+ 20
21	+ 2,20	+ 115	+ 10	+ 57	— 82
22	+ 2,42	+ 260	+ 18	+ 111	— 157
23	+ 1,98	+ 339	+ 29	+ 132	— 187
24	+ 0,61	+ 473	+ 26	+ 135	— 220
25	— 3,67	+ 773	+ 27	+ 144	— 204
26	— 0,11	— 9	0	0	0
27	— 0,20	— 31	0	0	0
28	— 0,17	— 44	0	0	0
29	— 0,04	— 66	0	0	0
30	+ 2,36	— 174	— 1	— 7	— 9

Coefficienten der Bedingungsgleichungen.

Aus der Form:

$$a\Delta\pi + b10^{-1}\Delta\Omega + c\Delta i + d\Delta\varphi + e\Delta M + f10^{4}\Delta\mu + g10^{6}\Delta\mu_1 + h10^{2}\frac{\Delta m_0}{m_0} + n = o$$

der Bedingungsgleichungen ist die Bedeutung der Coefficienten einleuchtend und es brauch hier nur erwähnt zu werden, dass μ_1 zum Unterschied von μ' die tägliche Veränderung von μ bezeichnet. Die Coefficienten für die Erscheinung 1865 sind nicht mit aufgenommen, weil diese Erscheinung mit den späteren nicht verbunden werden konnte, sondern hier nur zur näheren Ermittelung des Zeitpunktes der Veränderung von μ_1 benutzt worden ist.

1868

Cos Decl. $\Delta\,\mathcal{R}$

	5	6	7	8
log a	9,73616	9,56695	9,45274	9,34747
» b	$9{,}05186_n$	$9{,}23595_n$	$8{,}87904_n$	$8{,}83667$
» c	$8{,}38881_n$	$9{,}21888$	$9{,}32150$	$9{,}30240$
» d	$0{,}21350_n$	$0{,}13962_n$	$0{,}03675_n$	$9{,}88166_n$
» e	0,39291	0,54965	0,58460	0,60683
» f	$9{,}74649_n$	$0{,}90120_n$	$9{,}93542_n$	$9{,}95702_n$
» g	0,79901	0,95169	0,98520	1,00617
» h	$9{,}13033_n$	$9{,}28780_n$	$9{,}32428_n$	$9{,}34439_n$
» s	0,83544	1,02057	1,07055	1,10690
» n_1	$1{,}17026_n$	$1{,}26102_n$	$1{,}19173_n$	$1{,}17493_n$
» n_2	$1{,}50556_n$	$1{,}65002_n$	$1{,}65839_n$	$1{,}69364_n$

Δ Decl.

	5	6	7	8
log a	8,66614	$8{,}93927_n$	$9{,}06652_n$	$9{,}10975_n$
» b	$9{,}89713_n$	$9{,}38880_n$	8,41502	9,41195
» c	9,80891	9,76571	9,68578	9,55196
» d	$8{,}98214_n$	9,53016	9,65201	9,64719
» e	$7{,}45332_n$	$9{,}99684_n$	$0{,}21688_n$	$0{,}36012_n$
» f	6,56397	9,34801	9,56762	9,71035
» g	$6{,}98466_n$	$0{,}39811_n$	$0{,}61731_n$	$0{,}75954_n$
» h	$-\infty$	8,73239	8,95904	9,06691
» s	$9{,}29667_n$	$0{,}41938_n$	$0{,}65198_n$	$0{,}81161_n$
» n_1	0,90200	0,79588	0,80686	0,83885
» n_2	0,78247	1,13956	1,29425	1,42586

1871

Cos Decl. Δ Æ

	9	10	11	12	13
log a	0,36551	0,08995	$9{,}49693_n$	$0{,}14849_n$	$0{,}17373_n$
» b	0,18718	0,28171	0,15588	9,89014	9,61321
» c	$0{,}04892_n$	$0{,}22195_n$	$0{,}11580_n$	$9{,}82196_n$	$9{,}33435_n$
» d	$0{,}64280_n$	$0{,}16559_n$	0,38286	0,72029	0,74221
» e	0,38138	$0{,}63495_n$	$0{,}98905_n$	$1{,}11553_n$	$1{,}10825_n$
» f	$9{,}42938_n$	9,63861	0,00549	0,13541	0,12887
» g	0,17632	$0{,}33863_n$	$0{,}72030_n$	$0{,}85448_n$	$0{,}84850_n$
» h	$8{,}16440_n$	8,21220	8,56700	8,78180	8,76940
» s	0,29449	$0{,}78048_n$	$1{,}06917_n$	$1{,}17076_n$	$1{,}15397_n$
» n_1	0,31387	0,87332	$9{,}85733_n$	$0{,}37291_n$	0,37291
» n_2	0,18752	0,65992	$0{,}93602_n$	$1{,}09377_n$	$1{,}09377_n$
» n_3	$0{,}85974_n$	1,30792	1,43072	1,53685	1,53681

Δ Decl.

log a	0,15585	0,46420	0,39092	0,07386	9,51990
» b	$0{,}55080_n$	$0{,}47704_n$	$0{,}37662_n$	$0{,}13197_n$	$9{,}34479_n$
» c	0,22006	0,22284	0,22523	0,22920	0,14846
» d	$0{,}51095_n$	$0{,}83961_n$	$0{,}77461_n$	$0{,}48323_n$	$0{,}00843_n$
» e	0,50182	0,71991	0,39139	$0{,}12840_n$	$0{,}48767_n$
» f	$9{,}53242_n$	$9{,}75658_n$	$9{,}44722_n$	9,09823	9,49537
» g	0,26151	0,49220	0,20081	$9{,}75802_n$	$0{,}20140_n$
» h	$8{,}18470_n$	$8{,}44560_n$	$8{,}18470_n$	6,84510	7,44940
» s	9,97285	0,38474	$9{,}64031_n$	$0{,}51955_n$	$0{,}58481_n$
» n_1	9,43136	$9{,}79934_n$	9,90309	$9{,}83885_n$	$0{,}86982_n$
» n_2	0,20140	0,86806	0,98227	0,76343	$0{,}39620_n$
» n_3	$1{,}00000_n$	$1{,}07078_n$	9,78530	1,02979	0,94101

1875

Cos Decl. ΔA

	14	15	16	17
$\log a$	9,63371	9,59640	9,44776	8,67934
» b	9,32980	9,02119	$9,17638_n$	$9,49996_n$
» c	$9,48219_n$	$9,45347_n$	$9,31507_n$	$8,76492_n$
» d	$0,00064_n$	$0,02678_n$	$0,06182_n$	$0,02287_n$
» e	9,47111	9,62098	9,80965	$9,94946_n$
» f	6,78260	7,41108	7,80743	$8,27493_n$
» g	$7,17844_n$	$6,37760_n$	7,37474	$8,27585_n$
» s	$9,56176_n$	$9,63118_n$	$9,75980_n$	$0,36334_n$
» n_1	$0,07188_n$	$0,42488_n$	$0,78390_n$	$0,68842_n$
» n_2	0,10037	9,96379	9,55630	0,59218
» n_3	0,10037	9,96379	9,55630	0,59218

Δ Decl.

$\log a$	9,46249	9,39363	9,09472	$8,65925_n$
» b	$9,74312_n$	$9,58365_n$	9,02531	9,83078
» c	9,64830	9,63831	9,57124	9,21192
» d	$9,82746_n$	$9,81673_n$	$9,71878_n$	$9,48095_n$
» e	9,25474	9,24657	$8,91887_n$	$0,24832_n$
» f	5,73649	6,28098	$7,53716_n$	$8,48996_n$
» g	$7,11158_n$	$7,10888_n$	$7,62673_n$	$8,42876_n$
» s	$9,49426_n$	$9,25876_n$	$8,04179_n$	$0,12621_n$
» n_1	0,72346	$0,36922_n$	$0,26245_n$	$0,59988_n$
» n_2	0,79029	$9,97772_n$	9,30103	$0,22272_n$
» n_3	0,79025	$9,97772_n$	9,30103	$0,22272_n$

1878

	Cos Decl. ΔA			Δ Decl.		
	18	19	20	18	19	20
$\log a$	9,12342	9,34594	9,59609	$9,10890_n$	$9,21888_n$	$9,28863_n$
» b	8,07188	$9,46777_n$	$9,71902_n$	8,99207	$9,48494_n$	$9,86504_n$
» c	$9,48508_n$	$9,58942_n$	$9,55563_n$	$9,62494_n$	$9,75922_n$	$9,82640_n$
» d	9,61853	9,96651	0,16390	$9,63614_n$	$9,76366_n$	$9,86780_n$
» e	0,56481	0,56190	0,53281	$0,45324_n$	$0,39952_n$	$0,25844_n$
» f	9,70202	9,70059	9,67346	$9,59093_n$	$9,53841_n$	$9,39881_n$
» g	0,53808	0,53817	0,51296	$0,42749_n$	$0,37620_n$	$0,23801_n$
» h	9,09726	9,09026	9,06558	$8,98500_n$	$8,92580_n$	$8,76040_n$
» s	0,90346	0,91328	0,91520	$0,83801_n$	$0,84153_n$	$0,79145_n$
» n_1	$1,14364_n$	$0,89708_n$	$0,22531_n$	1,03782	0,79588	0,63347
» n_2	$1,03743_n$	$1,03623_n$	$1,11494_n$	1,04060	0,97955	1,06221
» n_3	$1,03743_n$	$1,03623_n$	$1,11494_n$	1,04060	0,97955	1,06221

1881

Cos Decl. Δ Æ

	21	22	23	24	25
log a	9,99450	9,90409	9,40495	$9{,}58546_n$	$8{,}32531_n$
» b	$9{,}02840_n$	$9{,}74523_n$	$9{,}83137_n$	$8{,}98641_n$	9,64568
» c	$9{,}28259_n$	9,47238	9,84972	9,88121	9,09433
» d	$0{,}37366_n$	$0{,}44464_n$	$0{,}17658_n$	0,00899	9,94994
» e	0,41201	0,73489	0,75541	0,45083	0,25734
» f	9,81717	0,14304	0,16528	9,86482	9,67151
» g	0,92116	1,25008	1,27405	0,97764	0,78459
» h	9,22712	9,53970	9,55751	9,25385	9,04493
» s	1,00313	1,35628	1,39957	1,16239	0,99628
» n_1	$0{,}91751_n$	0,25527	0,67302	1,25042	1,14799
» n_2	0,75435	1,49707	1,50365	1,35545	1,05956
» n_3	0,74301	1,35005	1,35102	1,25479	0,92788

Δ Decl.

log a	9,25573	$9{,}59652_n$	$9{,}76078_n$	$9{,}31515_n$	$8{,}97708_n$
» b	$0{,}28419_n$	$0{,}21757_n$	$0{,}03673_n$	$9{,}30068_n$	9,80890
» c	0,00577	0,16605	0,15216	$9{,}99564_n$	9,33183
» d	$9{,}64202_n$	0,02596	0,28610	9,97527	$9{,}16720_n$
» e	9,69320	$0{,}08342_n$	$0{,}56004_n$	$0{,}68609_n$	$0{,}45771_n$
» f	9,09860	$9{,}48858_n$	$9{,}96784_n$	$0{,}09614_n$	$9{,}86908_n$
» g	9,20284	$0{,}59268_n$	$1{,}07458_n$	$1{,}20514_n$	$0{,}97941_n$
» h	8,53403	$8{,}87157_n$	$9{,}35660_n$	$9{,}47828_n$	$9{,}24993_n$
» s	0,03321	$0{,}70129_n$	$1{,}17531_n$	$1{,}32040_n$	$1{,}10402_n$
» n_1	$0{,}70243_n$	0,68574	0,26951	$1{,}02284_n$	$1{,}19033_n$
» n_2	$0{,}48001_n$	$0{,}57054_n$	$1{,}22425_n$	$1{,}51601_n$	$1{,}34928_n$
» n_3	0,58430	$0{,}23300_n$	$1{,}13545_n$	$1{,}39358_n$	$1{,}24527_n$

1885

Cos Decl. Δ Æ

	26	27	28	29	30
log a	9,66213	9,46141	9,26440	$8{,}72419_n$	9,22985
» b	9,62024	8,86570	$9{,}02366_n$	$9{,}58115_n$	9,39881
» c	$9{,}63277_n$	$9{,}58016_n$	$9{,}53463_n$	$9{,}38086_n$	9,35663
» d	$9{,}91802_n$	$9{,}89472_n$	$9{,}84435_n$	$9{,}61634_n$	9,46834
» e	$9{,}62107_n$	$9{,}88656_n$	$0{,}11641_n$	$0{,}56057_n$	$9{,}79376_n$
» f	$9{,}21097_n$	$9{,}46991_n$	$9{,}69708_n$	$0{,}13915_n$	$9{,}36868_n$
» g	$0{,}49912_n$	$0{,}75207_n$	$0{,}97667_n$	$1{,}41669_n$	$0{,}64238_n$
» h	$8{,}97081_n$	$9{,}23800_n$	$9{,}47422_n$	$9{,}91960_n$	$9{,}12710_n$
» s	$0{,}62435_n$	$0{,}88597_n$	$1{,}09841_n$	$1{,}51897_n$	$0{,}64711_n$
» n_1	0,95036	0,00860	9,93952	0,87564	1,06893
» n_2	0,98137	0,63749	0,73159	1,14922	0,76193
» n_3	1,01368	0,75587	0,88593	1,31112	0,83696

	Δ Decl.				
	26	27	28	29	30
$\log a$	9,60686	9,38592	9,17421	$8{,}65868_n$	9,30105
» b	$9{,}92662_n$	$9{,}42638_n$	8,66464	9,76104	$9{,}66713_n$
» c	9,77701	9,72753	9,68679	9,53711	$9{,}50614_n$
» d	$9{,}91273_n$	$9{,}83853_n$	$9{,}75356_n$	$9{,}40384_n$	9,61352
» e	8,59051	$9{,}45092_n$	$9{,}86927_n$	$0{,}42308_n$	$8{,}83481_n$
» f	8,03310	$9{,}04140_n$	$9{,}45101_n$	$0{,}00157_n$	$8{,}37606_n$
» g	9,11899	$0{,}32960_n$	$0{,}73162_n$	$1{,}27903_n$	$9{,}61154_n$
» h	8,14613	$8{,}79934_n$	$9{,}21748_n$	$9{,}77960_n$	$7{,}84152_n$
» s	$9{,}66684_n$	$0{,}44258_n$	$0{,}81044_n$	$1{,}35496_n$	$9{,}83415_n$
» n_1	0,64246	9,67210	0,20140	0,94399	$9{,}38021_n$
» n_2	0,67669	0,35218	0,59106	1,08279	$0{,}83378_n$
» n_3	0,67025	0,44248	0,71600	1,22350	$0{,}82607_n$

Coefficienten der Normalgleichungen.

	1868	1871—1885	1868—1885
$(aa) =$	+ 0,6027	+33,2380	+33,8407
(ab)	— 0,1828	—17,9184	—18,1012
(ac)	+ 0,0286	+ 9,3894	+ 9,4180
(ad)	— 2,0209	—80,5532	—82,5741
(ae)	+ 5,2172	+79,0276	+84,2448
(af)	— 1,1723	— 3,8001	— 4,9724
(ag)	+13,1715	+72,7024	+85,8739
(ah)	+ 0,2841	— 0,3677	+ 0,0836
(bb)	+ 0,8025	+50,9088	+51,7113
(bc)	— 0,5741	—31,2010	—31,7751
(bd)	+ 0,5703	+51,4328	+52,0031
(be)	— 1,2906	—69,2297	—70,5203
(bf)	+ 0,2902	+ 5,8990	+ 6,1892
(bg)	— 3,2629	—48,0781	—51,3410
(bh)	+ 0,0686	+ 0,0095	+ 0,0781
(cc)	+ 1,2292	+30,6395	+31,8627
(cd)	— 0,0576	—29,9968	—30,0544
(ce)	— 0,0535	+35,8042	+35,7507
(cf)	+ 0,0118	— 5,2720	— 5,2602
(cg)	— 0,1289	+10,8190	+10,6901
(ch)	— 0,0001	— 0,3861	— 0,3862

	1868	1871—1885	1868—1885
(dd)	+ 6,8618	+ 226,5612	+ 233,4230
(de)	— 18,2838	— 241,0514	— 259,3352
(df)	+ 4,1072	+ 17,5334	+ 21,6406
(dg)	— 46,1320	— 204,5015	— 250,6335
(dh)	+ 0,9971	+ 0,1491	+ 1,1462
(ee)	+ 58,7465	+ 720,2724	+ 779,0189
(ef)	— 13,1832	— 4,1090	— 17,2922
(eg)	+ 147,9154	+ 920,3982	+1068,3136
(eh)	— 3,1967	+ 13,0096	+ 9,8129
(ff)	+ 2,9584	+ 18,4126	+ 21,3710
(fg)	— 33,1938	+ 149,7107	+ 116,5169
(fh)	+ 0,7172	+ 4,5966	+ 5,3138
(gg)	+ 372,4387	+2805,2169	+3177,6556
(gh)	— 8,0491	+ 65,6912	+ 57,6421
(hh)	+ 0,1740	+ 1,8049	+ 1,9789
(an_1)	— 24,351	— 2,754	— 27,105
(bn_1)	— 0,917	+ 18,058	+ 17,141
(cn_1)	+ 5,428	— 6,758	— 1,330
(dn_1)	+ 85,002	— 7,121	+ 77,881
(en_1)	— 254,197	— 21,987	— 276,184
(fn_1)	+ 57,006	— 1,568	+ 55,498
(gn_1)	— 640,523	— 12,691	— 653,214
(hn_1)	+ 13,847	— 8,715	+ 5,132
(an_2)	— 64,481	+ 155,204	+ 90,723
(bn_2)	+ 10,589	— 88,561	— 77,972
(cn_2)	+ 4,929	+ 27,131	+ 32,060
(dn_2)	+ 225,907	— 598,193	— 372,286
(en_2)	— 719,485	+ 960,156	+ 240,671
(fn_2)	+ 161,467	+ 71,137	+ 232,604
(gn_2)	—1811,741	+1819,019	+ 7,278
(hn_2)	+ 39,160	+ 14,331	+ 53,491

	1871—1885		
(an_3)	— 96,225	(en_3)	—1150,309
(bn_3)	+ 150,877	(fn_3)	+ 196,274
(cn_3)	— 113,036	(gn_3)	— 193,146
(dn_3)	+ 264,357	(hn_3)	— 0,108

	1868	1871—1885	1868—1885
(as)	+ 15,353	+ 92,452	+ 107,805
$(as)^*$	+ 15,360	+ 92,453	+ 107,813
(bs)	— 3,578	— 58,171	— 61,749
$(bs)^*$	— 3,579	— 58,177	— 61,756
(cs)	+ 0,456	+ 19,749	+ 20,255
$(cs)^*$	+ 0,456	+ 19,798	+ 20,254
(ds)	— 53,936	— 260,397	— 314,333
$(ds)^*$	— 53,958	— 260,426	— 314,384
(es)	+ 175,875	+1454,108	+ 1629,983
$(es)^*$	+ 175,872	+1454,122	+ 1629,994
(fs)	— 39,464	+ 182,987	+ 143,514
$(fs)^*$	— 39,464	+ 182,972	+ 143,508
(gs)	+ 442,760	+3771,847	+ 4214,607
$(gs)^*$	+ 442,759	+3771,959	+ 4214,718
(hs)	— 9,573	+ 85,246	+ 75,673
$(hs)^*$	— 9,573	+ 85,242	+ 75,669
(n_1s)	— 758,324	— 43,623	— 801,947
$(n_1s)^*$	— 758,325	— 43,613	— 801,938
(n_2s)	—2153,647	+2360,211	+ 206,564
$(n_2s)^*$	—2153,647	+2360,206	+ 206,559
(n_3s)		— 941,311	
$(n_3s)^*$		— 941,312.	

Die $(as)^*$, $(bs)^*$ etc. sind die aus den angeführten $(aa,)(ab)$ etc. sich unmittelbar ergebenden Summen. Mit Rücksicht darauf, dass der Normalort 1885 Apr. 19,5 das Gewicht $^1/_4$ erhalten hat, sind die entsprechenden Bedingungsgleichungen mit $^1/_2$ multiplicirt.

II.

Die aus den Erscheinungen 1871 — 1885 berechneten Elemente (Comet Encke I. 1871—1885), die mit wir V bezeichnet haben, sind:

Elemente V. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$
\begin{aligned}
M &= 309^\circ\ 37'\ 25''\!,39 \\
\varphi &= \ \ 58\ \ 8\ \ 57,15 \\
\Omega &= 334\ \ 57\ \ 3,43 \\
\pi &= 158\ \ 17\ \ 29,84 \quad \text{M. Aequ. 1875,0} \\
i &= \ \ 13\ \ 7\ \ 21,54 \\
\mu &= 1079''\!,326355 \\
\mu' &= +0,060913 \\
\varphi' &= -2,14 \\
M &= M_0 + \mu t + 36''\!,54766\ \tau^2 - 4''\!,75 \cos 2u.
\end{aligned}
$$

Diese Elemente stellen die Normalörter 1868—1885 folgendermaasen dar:

M. Z. Berl.			Rechn.-Beob. Cos Decl. ΔÆ	Δ Decl.
1868	Juli	27,5	—14″,80	+ 7″,98
	Aug.	15,5	—18,24	+ 6,25
	Aug.	23,0	—15,55	+ 6,41
	Aug.	30,0	—14,96	+ 6,90
1871	Oct.	14,5	+ 2,06	— 0,27
	Nov.	5,5	+ 7,47	— 0,63
	Nov.	15,0	— 0,72	+ 0,20
	Nov.	25,5	— 3,62	— 0,69
	Dec.	5,0	+ 2,36	— 7,41
1875	Febr.	27,0	— 1,18	+ 5,29
	März	8,0	— 2,66	— 2,34
	März	26,0	— 6,08	— 1,03
	April	8,0	— 4,88	— 3,98
1878	Aug.	12,5	—13,92	+10,91
	Aug.	22,5	— 7,89	+ 6,25
	Sept.	2,5	— 1,68	+ 4,30

M. Z. Berl.		Rechn.-Beob. Cos Decl. ΔÆ	Rechn.-Beob. Δ Decl.
1881 Aug.	29,5	— 8″,27	— 5″,04
Sept.	24,5	+ 1,80	+ 4,85
Oct.	4,5	+ 4,71	+ 1,86
Oct.	18,5	+17,80	—10,54
Nov.	8,5	+14,06	—15,50
1885 Jan.	13,5	+ 8,92	+ 4,39
Febr.	5,5	+ 1,02	+ 0,47
Febr.	14,5	+ 0,87	+ 1,59
Febr.	25,5	+ 7,51	+ 8,79
April	19,5	+11,72	— 0,24

Diese Zahlen sind im Vorhergehenden mit n_1 bezeichnet. Lösen wir nun die Normalgleichungen auf, deren Coefficienten wir schon gegeben haben, so ergiebt sich:

$$\begin{aligned}
\Delta\pi &= +4'',17\\
\tfrac{1}{10}\,\Delta\Omega &= -0,442\\
\Delta i &= -0,54\\
\Delta\varphi &= +2,03\\
\Delta M &= -0,76\\
10^4\,\Delta\mu &= -8,036\\
10^6\,\Delta\mu_1 &= +0,870\\
100\,\frac{\Delta m_0}{m_0} &= -4,0397
\end{aligned}$$

Werden diese Correctionen an das System V angebracht, so geht das folgende System hervor:

Elemente VI_1. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
M &= 309^\circ\,37'\,24'',63\\
\varphi &= 58\;\;8\;\;59,18\\
\Omega &= 334\;\;36\;\;59,01\\
\pi &= 158\;\;17\;\;34,01\\
i &= 13\;\;7\;\;21,00\\
\mu &= 1079'',325552\\
\mu' &= +\,0,061957\\
\varphi' &= -\,2,17\\
M &= M_0 + \mu t + 37'',1741\,\tau^2 - 4'',83\,\mathrm{Cos}\,2u
\end{aligned}$$

M. Aequ. 1875,0

Die Masse des Mercur wird:

$$m_0\,(\text{☿}) = \frac{1}{7987740}$$

Dieses System lässt folgende Fehler übrig:

M. Z. Berl.			Rechn.-Beobachtung.			
			Cos Decl. $\Delta\alpha$		Δ Decl.	
1868 Juli	27,5	— 7″,16	+ 2,471	ΔM	+ 7″,96	— 0,003 ΔM
Aug.	15,5	— 7,22	+ 3,545	»	+ 2,80	— 0,993 »
Aug.	23,0	— 3,39	+ 3,842	»	+ 0,88	— 1,648 »
Aug.	30,0	— 1,62	+ 4,044	»	— 0,89	— 2,291 »
1871 Oct.	14,5	+ 4,43	+ 2,406	»	+ 1,77	+ 3,176 »
Nov.	5,5	+ 7,49	— 4,315	»	+ 1,29	+ 5,247 »
Nov.	15,0	— 2,54	— 9,751	»	+ 0,95	+ 2,463 »
Nov.	25,5	— 6,34	—13,047	»	— 2,83	— 1,344 »
Dec.	5,0	— 0,08	—12,830	»	—10,35	— 3,074 »
1875 Febr.	27,0	— 1,53	+ 0,298	»	+ 4,98	+ 0,180 »
März.	8,0	— 3,36	+ 0,418	»	— 2,86	+ 0,176 »
März.	26,0	— 7,59	+ 0,645	»	— 2,52	— 0,083 »
April.	8,0	— 5,75	— 0,891	»	— 3,53	— 1,771 »
1878 Aug.	12,5	—16,69	+ 3,671	»	+13,02	— 2,839 »
Aug.	22,5	— 8,95	+ 3,647	»	+ 7,79	— 2,509 »
Sept.	2,5	— 0,68	+ 3,411	»	+ 4,81	— 1,813 »
1881 Aug.	29,5	— 9,50	+ 2,583	»	— 5,01	+ 0,493 »
Sept.	24,5	— 1,71	+ 5,431	»	+ 5,61	— 1,212 »
Oct.	4,5	+ 1,36	+ 5,694	»	+ 3,72	— 3,631 »
Oct.	18,5	+17,41	+ 2,824	»	— 9,07	— 4,854 »
Nov.	8,5	+15,21	+ 1,809	»	—15,99	— 2,869 »
1885 Jan.	13,5	+ 8,40	— 0,418	»	+ 4,39	+ 0,039 »
Febr.	5,5	— 0,35	— 0,770	»	— 0,58	— 0,282 »
Febr.	14,5	— 1,57	— 1,307	»	— 0,38	— 0,740 »
Febr.	25,5	+ 1,16	— 3,636	»	+ 3,65	— 2,649 »
April	19,5	+11,88	— 0,622	»	+ 1,72	— 0,068 »

Die Summe der Quadrate dieser Abweichungen ist:

$$(vv) = 2493''3$$

während:

$$(nn \cdot 8) = 2500''5.$$

Demnach ist der w. Fehler der Darstellung eines Normalortes:

$$\pm 5''08.$$

Diese Darstellung ist unbefriedigend, nicht so sehr wegen des grossen wahrscheinlichen Fehlers, als wegen des systematischen Ganges der Abweichungen. Die Coefficienten von ΔM sind angesetzt, um leichter übersehen zu können, ob eine Correction von M allein in den einzelnen Erscheinungen ausreicht die übrig bleibenden Fehler wegzuschaffen. Man sieht dass dies im Allgemeinen nicht der Fall ist, sondern dass auch die anderen Elemente verändert werden müssen. Die Verbindung der sechs letzten Erscheinungen lässt sich daher mit den angenommenen Massenwerthen nicht in befriedigender Weise ausführen; die erhaltene Correction der Mercursmasse muss demnach als völlig bedeutungslos angesehen werden. Aus der Verbindung der Erscheinungen 1819—1868 erhielt Asten für μ' den Werth $+0''{,}104418$, während die Vereinigung der vier Erscheinungen 1871—1881 $\mu' = +0''{,}054000$ ergab. Der Grund, dass die sechs Erscheinungen 1868—1885 nicht befriedigend vereinigt werden können, ist also ohne Zweifel der, dass die Veränderung in μ' nach der Erscheinung 1868, aber nicht später als bei der Erscheinung 1871, d. h. also zwischen den Erscheinungen 1868 — 1871 stattgefunden hat. Ist aber dies der Fall, und trifft also die Hypothese eines constanten μ' für die Zeit 1868—1885 nicht zu, so muss dieser Umstand auf die Bestimmung der übrigen Elemente aus den sechs letzten Erscheinungen einen verfälschenden Einfluss üben. Es ist übrigens nicht undenkbar, dass die Veränderung sich nicht allein auf μ' beschränkt, sondern sich auch auf die übrigen Elemente erstreckt hat. Demnach liegt die Erklärung dafür nahe, dass es, um die übrig bleibenden Fehler zu beseitigen, nicht ausreicht, die mittlere Anomalie allein bei den einzelnen Erscheinungen zu verändern.

Das definitive Elementensystem XVI 1865 Aug. 19,0 M. Z. Berl. reducirt auf 1868 Juni 14,0 (Vergl. Asten: «Untersuchungen über die Theorie des Encke'schen Cometen. St. Petersburg, 1878) stellen wir jetzt mit dem System VI_1, auf dieselbe Epoche reducirt, zusammen.

Epoche und Osculation 1868 Juni 14,0 M. Z. Berl.

Elemente XVI.		Elemente VI_1.
$M = 332°\ 13'\ 46''{,}68$		$332°\ 13'\ 48''{,}77$
$\varphi = 58\ 7\ 1{,}08$		$58\ 7\ 8{,}57$
$\Omega = 334\ 31\ 33{,}68$		$334\ 31\ 38{,}79$
$\pi = 158\ 11\ 18{,}25$	M. Aequ. 1868,0	$158\ 11\ 27{,}81$
$i = 13\ 6\ 40{,}60$		$13\ 6\ 44{,}98$
$\mu = 1079''{,}029196$		$\mu = 1079''{,}008601.$

In meiner Abhandlung: «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881» ist erwähnt, dass einige der Formeln, nach welchen Asten die Störungen

zweiter Ordnung berechnet hat, unrichtig sind [1]). Die von mir für die Zeit 1865 Aug. 19,0 — 1868 Juni 14,0 neu berechneten Störungen ergeben folgende Correctionen von Asten's Störungswerthen:

$$\begin{aligned} \Delta M &= +14''{,}25 \\ \Delta\varphi &= +\ 1{,}34 \\ \Delta\Omega &= +\ 0{,}67 \\ \Delta\pi &= -\ 4{,}42 \\ \Delta i &= +\ 0{,}93 \\ \Delta\mu &= -\ 0{,}05991 \end{aligned}$$

Auf die Bestimmung der definitiven Elemente XVI können diese Fehler, mit Ausnahme etwa von ΔM, kaum einen merklichen Einfluss geübt haben. Der beträchtliche Fehler $\Delta\mu$ wird deshalb von geringem Einfluss gewesen sein, weil die Erscheinung 1868 die letzte mit berücksichtigte gewesen ist. Die Fehler $\Delta\varphi$, $\Delta\Omega$, $\Delta\pi$ und Δi sind zu klein, um irgend welche Bedeutung gehabt zu haben. Aber auch der Fehler ΔM wird nahezu unschädlich gewesen sein, einerseits, weil das Gewicht der Erscheinung 1868 dem Gewichte der übrigen fünfzehn Erscheinungen gegenüber sehr klein ist, andererseits, weil die Art und Weise, wie Asten die Grösse μ' in Rechnung zog, den Fehler ΔM theilweise compensirt. Indem wir von M und μ absehen, in Bezug auf welche die beiden Systeme vorläufig nicht vergleichbar sind, erhalten wir nach Anbringung der angeführten Correctionen an das System XVI:

	XVI		VI$_1$	VI$_1$—XVI
φ =	58° 7′ 2″,42		58° 7′ 8″,57	+ 6″,15
Ω =	334 31 34,35	M. Aequ. 1868,0	334 31 38,79	+ 4,44
π =	158 11 13,83		158 11 27,81	+13,98
i =	13 6 41,53		13 6 44,98	+ 3,45.

Die Differenz in φ und namentlich die in π ist viel zu gross, um durch die Verschiedenheit der Massenwerthe von Jupiter und Erde, welche den beiden Elementensystemen zu Grunde liegen, erklärt zu werden. Hieraus folgt aber nicht dass die Differenzen reell sind, d. h. dass ausser μ' noch andere Elemente des Cometen sich verändert haben;

[1]) Ich kann diese Gelegenheit nicht unbenutzt lassen, um der Bewunderung Ausdruck zu geben, welche mir die Revision der Störungsrechnungen bezüglich des Encke'schen Cometen für Asten's eminente Fähigkeit als Rechner eingeflösst hat. Abgesehen von dem erwähnten und wenigen anderen, unbedeutenderen theoretischen Fehlern, hatte ich keine Gelegenheit, selbst bei völlig unabhängigen Rechnungen, Berichtigungen von wesentlicher Bedeutung zu machen. Nachdem ich durch Wiederholung der Störungsrechnungen für einige Umläufe mich von der ausserordentlichen Zuverlässigkeit der Asten'schen Zahlen überzeugt hatte, beschränkte ich die weitere Revision von Asten's Störungsrechnungen 1865—1848 auf das Corrigiren von Ungenauigkeiten, die aus den erwähnten Formelfehlern entstanden waren.

dagegen ist es wahrscheinlich, dass die Veränderung in μ' nach der Erscheinung 1868 stattgefunden hat.

Die Störungen 1868 Juni 14,0 — 1865 Aug. 19,0 sind, unter Berücksichtigung der auf Seite 6 angeführten Massenwerthe:

Störungen 1868 Juni 14,0 — 1865 Aug. 19,0.

ΔM	$\Delta\varphi$	$\Delta\pi$	$\Delta\Omega$	Δi	$\Delta\mu$
$+1^\circ 14' 37''{,}03$	$-18' 21''{,}69$	$-4' 54''{,}79$	$+3' 37''{,}31$	$-2' 49''{,}29$	$-5''{,}10761$

Mit Hülfe dieser Werthe wurde das System VI_1 1868 Juni 14,0 auf die Epoche 1865 Aug. 19,0 übertragen. Zur Vergleichung setze ich das Asten'sche System XVI an.

Epoche und Osculation 1865 Aug. 19,0.

Elemente XVI.		Elemente VI_1.
$M = 24^\circ 46' 12''{,}45$		$24^\circ 45' 54''{,}39$
$\varphi = 57\ 48\ 43{,}22$		$57\ 48\ 48{,}75$
$\Omega = 334\ 32\ 38{,}55$	M. Aequ. 1868,0	$334\ 32\ 43{,}41$
$\pi = 158\ 3\ 48{,}91$		$158\ 4\ 2{,}41$
$i = 13\ 3\ 51{,}21$		$13\ 3\ 54{,}33$
$\mu = 1073''{,}871812$		$\mu = 1073''{,}847792$
$\mu' = +0{,}104418$		$\mu' = +0{,}061897$
$\varphi' = -3{,}68$		$\varphi' = -2{,}18$

Der beträchtliche Unterschied in M lässt sofort erkennen, dass das System VI_1 die Beobachtungen 1865 nicht darstellen kann. Reducirt man aber das Elementensystem VI_1 mit den μ' und φ' welche den Elementen XVI angehören, so ergiebt sich

Verbesserte Elemente VI_1. 1865 Aug. 19,0

$$\begin{aligned} M &= 24^\circ 46' 13''{,}24 \\ \varphi &= 57\ 48\ 49{,}33 \\ \Omega &= 334\ 31\ 43{,}41 \\ \pi &= 158\ 4\ 2{,}41 \quad \text{M. Aequ. 1865,0} \\ i &= 13\ 3\ 54{,}33 \\ \mu &= 1073''{,}811242 \\ \mu' &= +0{,}104418 \\ \varphi' &= -3{,}67 \end{aligned}$$

$$M = M_0 + \mu t + 62''{,}6508\,\tau^3 - 8''{,}11\ \text{Cos}\ 2u.$$

Hiermit ist eine fast vollständige Uebereinstimmung in den M erlangt. Zwischen den mittleren Bewegungen, welche erhalten werden, je nachdem man μ', so wie Asten es gethan

hat, oder so wie es in den vorliegenden Untersuchungen geschehen ist, in Rechnung zieht, ergiebt sich folgende Relation (Vergl. «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881». Pag. 49).

$$\mu_a = \mu + \left(\frac{1}{2} - \sigma\right)\mu'$$

wo μ_a die nach Asten erhaltene mittlere Bewegung und σ einen echten Bruch bedeutet. Im gegenwärtigen Falle ist σ nahezu $= 0$, also

$$\left(\frac{1}{2} - \sigma\right)\mu' = \frac{1}{2} \cdot 0{,}1044 = 0{,}0522$$

und

$$\mu_a = 1073''{,}8112 + 0''{,}0522 = 1073''{,}8634.$$

Dieser Werth unterscheidet sich nur um 0″,008 von dem μ, welches dem System XVI gehört. Es geht also auch hieraus eine Bestätigung dessen hervor, dass zur Verbindung der Erscheinung 1868 mit den vorhergehenden ein anderer Werth von μ' angenommen werden muss, als der, welcher den Beobachtungen der späteren Erscheinungen Genüge leistet. Aber trotz der in dieser Weise erzielten Uebereinstimmung in M und μ zwischen den Elementen XVI und VI_1, stellt doch dieses System die Beobachtungen 1865 schlechter dar, als jenes, und zwar in Folge zu grosser Werthe von φ und π. Um dies zu zeigen genügt eine genäherte Vergleichung des verbesserten Systemes VI_1 mit den Beobachtungen 1865.

Damit zu gleicher Zeit die Fehler in φ und π deutlich hervortreten, soll die Vergleichung mit Hülfe der Elemente XVI ausgeführt werden. Zu dem Zwecke bilden wir die Differenzen zwischen den beiden Systemen:

Verbesserte Elemente VI_1 — Elemente XVI.

$$\begin{aligned}
\Delta M &= + \ 0''{,}79 \\
\Delta\mu &= - \ 0{,}06057 \\
\mu' = \Delta\mu' &= + \ 0{,}10442 \\
\Delta\varphi &= + \ 6{,}11 \\
\Delta\Omega &= + \ 4{,}86 \\
\Delta\pi &= + 13{,}50 \\
\Delta i &= + \ 3{,}12
\end{aligned}$$

Werden diese Differenzen in geocentrische $\Delta\alpha$ und $\Delta\delta$ verwandelt und die angeführten Normalörter für 1865 berücksichtigt, so ergiebt sich:

Cos Decl. $\Delta\mathfrak{A}$

1865	Juni 27,0	Juli 13,0	Juli 17,0	Juli 22,0
$\cos\delta\ \Sigma_\alpha$	$+10''$	$-1''$	$-1''$	$-0''$
$\cos\delta\ \frac{d\alpha}{d\varphi}\Delta\varphi$	-28	$+5$	$+18$	$+26$
$\cos\delta\ \frac{d\alpha}{d\Omega}\Delta\Omega$	-0	-1	-1	-1
$\cos\delta\ \frac{d\alpha}{d\pi}\Delta\pi$	-21	-3	$+8$	$+17$
$\cos\delta\ \frac{d\alpha}{di}\Delta i$	-3	-5	-4	-3

Δ Decl.

Σ_δ	$+18''$	$+2''$	$-5''$	$-2''$
$\frac{d\delta}{d\varphi}\Delta\varphi$	-8	-36	-31	-22
$\frac{d\delta}{d\Omega}\Delta\Omega$	-1	-1	-3	-2
$\frac{d\delta}{d\pi}\Delta\pi$	-3	-26	-25	-19
$\frac{d\delta}{di}\Delta i$	-5	-6	-6	-6

Es bedeutet:

$$\Sigma_\alpha = \frac{d\alpha}{dM}\Delta M + \frac{d\alpha}{d\mu}\Delta\mu + \frac{d\alpha}{d\mu_1}\Delta\mu_1 + (\text{El. XVI} - \text{Normalort})$$

und

$$\Sigma_\delta = \frac{d\delta}{dM}\Delta M + \frac{d\delta}{d\mu}\Delta\mu + \frac{d\delta}{d\mu_1}\Delta\mu_1 + (\text{El. XVI} - \text{Normalort})$$

Man ersieht hieraus, dass $\Delta\varphi$ und $\Delta\pi$ die grössten Abweichungen verursachen. Nehmen wir nun die Summen für die einzelnen Daten, so erhalten wir:

Verbesserte Elemente VI_1 — Beobachtung.

M. Z. B.	Cos Decl. $\Delta\mathfrak{A}$.	Δ Decl.
1865 Juni 27,0	$-42''-1{,}54\,\Delta\pi-4{,}63\,\Delta\varphi$	$+1''-0{,}23\,\Delta\pi-1{,}26\,\Delta\varphi$
Juli 13,0	$-5-0{,}23$ » $+0{,}83$ »	$-67-1{,}90$ » $-5{,}89$ »
Juli 17,0	$+20+0{,}60$ » $+2{,}98$ »	$-70-1{,}84$ » $-5{,}18$ »
Juli 22,0	$+39+1{,}27$ » $+4{,}26$ »	$-51-1{,}43$ » $-3{,}66$ »

Hiermit scheint es mir nachgewiesen zu sein, dass die Erscheinung 1868 mit den folgenden Erscheinungen nicht verbunden werden kann. Später wird ausserdem gezeigt werden, dass die Differenzen in φ, Ω, π und i zwischen den Elementen XVI und VI_1 keineswegs reellen Veränderungen in diesen Elementen zuzuschreiben sind. Es folgt also, dass die Veränderung in μ', eventuell auch in μ, nach der erwähnten Erscheinung stattgefunden haben muss.

Die Gründe anzuführen, wesshalb der Werth 8″,80 der Sonnenparallaxe bei der Ableitung der Erdmasse zu Grunde gelegt wurde, habe ich als überflüssig betrachtet; derselbe ist jedenfalls als provisorischer anzusehen, bis die definitiven Resultate der Beobachtungen der Venusvorübergänge 1874 und 1882 veröffentlicht sind.

Da indessen der Newcomb'sche Werth schon lange für den wahrscheinlichsten gilt und weil es von Interesse ist zu erfahren, welchen Einfluss eine kleine Aenderung des Werthes der Sonnenparallaxe auf die Vereinigung der sechs letzten Erscheinungen haben kann, so habe ich in einer zweiten Lösung statt 8″,80:

$$8'',848$$

als Werth der Sonnenparallaxe und demnach m_2 (♁ + ☽) $= \frac{1}{322883}$ angenommen. Hiernach müssen die auf Pag. 6 angeführten Störungswerthe in M um folgende Zahlen verändert werden.

	1868 Juni 14,0	1871 Juli 15,0	1878 Apr. 24,0	1881 Juli 2,0	1884 Dec. 18,0
ΔM	+ 5″,03	+ 3″,65	+ 0″,07	+ 1″,66	+ 1″,75.

Den jetzt folgenden Rechnungen wurde das Elementensystem IV zu Grunde gelegt, nämlich:

Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
M_0 &= 309^\circ\, 37'\, 25'',25 \\
\varphi &= 58\ \ 8\ \ 47,87 \\
\Omega &= 334\ \ 36\ \ 58,43 \\
\pi &= 158\ \ 17\ \ 12,86 \\
i &= 13\ \ 7\ \ 20,00 \\
\mu &= 1079'',329507 \\
\mu' &= +\ 0,058584 \\
\varphi' &= -\ 2,06 \\
M &= M_0 + \mu t + 35'',150\ \tau^2 - 4'',57 \cos 2u
\end{aligned}$$

(Ω, π, i: M. Aequ. 1875,0)

Mit Rücksicht auf die durch die Newcomb'sche Erdmasse veränderten Störungswerthe ergiebt sich folgende Darstellung der Beobachtungen durch dieses System:

M. Z. Berl.	Rechn.-Beob. Cos Decl. ΔÆR	Rechn.-Beob. Δ Decl.
1868 Juli 27,5	— 32″,03	+ 6″,06
Aug. 15,5	— 44,67	+ 13,79
Aug. 23,0	— 45,54	+ 19,69
Aug. 30,0	— 49,39	+ 26,66

	M. Z. Berl.		Cos Decl. $\Delta\mathfrak{A}$	Δ Decl.
1871	Oct.	14,5	+ 1″,54	+ 1″,59
	Nov.	5,5	+ 4,57	+ 7,38
	Nov.	15,0	— 8,63	+ 9,60
	Nov.	25,5	—16,78	+ 5,80
	Dec.	5,0	—12,41	— 2,49
1875	Febr.	27,0	+ 1,26	+ 6,17
	März	8,0	+ 0,92	— 0,95
	März	26,0	+ 0,36	+ 0,20
	April	8,0	+ 3,91	— 1,67
1878	Aug.	12,5	—10,90	+10,98
	Aug.	22,5	—10,87	+ 9,54
	Sept.	2,5	—13,03	+11,54
1881	Aug.	29,5	+ 5,68	— 3,02
	Sept.	24,5	+31,41	— 3,72
	Oct.	4,5	+31,89	—19,69
	Oct.	18,5	+22,67	—32,81
	Nov.	8,5	+11,47	—22,35
1885	Jan.	13,5	+ 9,59	+ 4,75
	Febr.	5,5	+ 4,34	+ 2,27
	Febr.	14,5	+ 5,39	+ 3,90
	Febr.	25,5	+14,10	+12,10
	April	19,5	+ 5,78	— 6,82

Diese Differenzen sind in den Zusammenstellungen der Coefficienten der Bedingungsgleichungen mit n_2 bezeichnet. Die Auflösung der Normalgleichungen giebt:

$$\begin{aligned}
\Delta\pi &= +26''{,}88\\
\tfrac{1}{10}\,\Delta\Omega &= + 0{,}337\\
\Delta i &= + 1{,}62\\
\Delta\varphi &= +14{,}06\\
\Delta M &= - 3{,}14\\
10^4\,\Delta\mu &= -31{,}779\\
10^6\,\Delta\mu' &= + 3{,}025\\
100\,\frac{\Delta m_0}{m_0} &= -23{,}07.
\end{aligned}$$

Nach Anbringung dieser Correctionen erhalten wir:

Elemente VI_2. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$
\begin{aligned}
M_0 &= 309^\circ\,53'\,22{,}''11 \\
\varphi &= 58\ 9\ 1{,}93 \\
\Omega &= 334\ 37\ 1{,}80 \\
\pi &= 158\ 17\ 39{,}74 \quad \text{M. Aequ. 1875,0} \\
i &= 13\ 7\ 21{,}62 \\
\mu &= 1079{,}''326329 \\
\mu' &= +\ 0{,}062214 \\
\varphi' &= -\ 2{,}18 \\
M &= M_0 + \mu t + 37{,}''3280\,\tau^2 - 4{,}84 \cos 2u. \\
m_0(\,\mathrm{☿}\,) &= \frac{1}{9926000}
\end{aligned}
$$

Die übrig bleibenden Fehler sind nun:

	M. Z. Berl.	Elemente VI_2—Beobacht. Cos Dec. $\Delta\alpha$	Δ Dec.
1868	Juli 27,5	— 8,''26	+ 6,''78
	Aug. 15,5	— 8,03	+ 4,42
	Aug. 23,0	— 3,29	+ 2,40
	Aug. 30,0	— 1,67	+ 0,63
1871	Oct. 14,5	+ 6,82	+ 2,92
	Nov. 5,5	+ 7,42	+ 2,24
	Nov. 15,0	— 3,68	+ 0,49
	Nov. 25,5	— 8,19	— 4,20
	Dec. 5,0	— 1,42	— 11,37
1875	Febr. 27,0	— 2,62	+ 4,48
	März 8,0	— 5,24	— 3,56
	März 26,0	— 10,94	— 2,81
	April 8,0	— 6,57	— 0,18
1878	Aug. 12,5	— 21,78	+ 16,11
	Aug. 22,5	— 12,23	+ 9,35
	Sept. 2,5	— 0,98	+ 4,29
1881	Aug. 29,5	— 8,74	— 4,81
	Sept. 24,5	— 0,50	+ 5,67
	Oct. 4,5	+ 3,58	+ 3,42
	Oct. 18,5	+ 19,73	— 12,22
	Nov. 8,5	+ 19,35	— 19,27

	M. Z. Berl.	Beobachtung. Cos Dec. $\Delta\alpha$	Δ Dec.
1885	Jan. 13,5	+ 8,93	+ 1,43
	Febr. 5,5	— 0,90	— 0,78
	Febr. 14,5	— 2,10	— 0,53
	Febr. 25,5	+ 1,21	+ 4,25
	April 19,5	+ 13,58	+ 3,12.

Die Quadratsumme dieser Zahlen ist:

$$(vv) = 3531{,}0$$

und die Controllrechnung giebt:

$$(nn\,.\,8) = 3514{,}6,$$

wonach der w. Fehler eines Normalortes sich zu

$$\pm 6''{,}03$$

ergiebt.

Diese Lösung ist also noch unbefriedigender als die vorhergehende. Die Vergleichung mit dem System XVI (1865 Aug. 19,0) ergiebt:

$$\begin{aligned} & VI_2 - XVI \\ \Delta\varphi &= + 8''{,}85 \\ \Delta\Omega &= + 7{,}65 \\ \Delta\pi &= + 19{,}23 \\ \Delta i &= + 3{,}74, \end{aligned}$$

welche Differenzen noch grösser als bei $VI_1 - XVI$ sind.

III.

Nachdem im vorhergehenden Paragraphen nachgewiesen worden ist, dass die Erscheinung 1868 mit den folgenden unter der Annahme eines constanten μ', in befriedigender Weise nicht verbunden werden kann, erübrigt es jetzt noch, dasjenige Elementensystem zu finden, welches die Erscheinungen 1871—1885 möglichst gut darstellt.

Das angenährte System, zu welchem die wahrscheinlichsten Correctionen gesucht werden sollen, ist:

Systems IV. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$
\begin{aligned}
M_0 &= 309^\circ\ 37\ 25'',25 \\
\varphi &= 58\ \ \ 8\ 47,87 \\
\Omega &= 334\ \ 36\ 58,43 \\
\pi &= 158\ \ 17\ 12,86 \\
i &= 13\ \ \ 7\ 20,00 \\
\mu &= 1079'',329507 \\
\mu' &= +\ 0,058584 \\
\varphi' &= -\ 2,06 \\
M &= M_0 + \mu t + 35'',150\ \tau^2 - 4,57 \cos 2u.
\end{aligned}
$$

M. Aequ. 1875,0

Um keinem Missverständniss Raum zu geben, führe ich nochmals die Werthe der Planetenmassen an:

$$
\begin{aligned}
m_0\,(☿) &= \frac{1}{7636440} \\
m_1\,(♀) &= \frac{1}{401839} \\
m_2\,(♁ + ☽) &= \frac{1}{328129} \\
m_3\,(♂) &= \frac{1}{2680337} \\
m_4\,(♃) &= \frac{1}{1047,568} \\
m_5\,(♄) &= \frac{1}{3501,6}\,.
\end{aligned}
$$

Bei der nun folgenden Vergleichung mit den Beobachtungen konnten also die auf Seite 6 gegebenen Störungswerthe unverändert benutzt werden. Das angeführte System weicht von den Beobachtungen wie folgt ab:

M. Z. Berl.		Rechn.-Beob. Cos Decl. ΔÆ	Rechn.-Beob. Δ Decl.
1871 Oct.	14,5	— 7'',24	— 10'',00
Nov.	5,5	+ 20,32	— 11,77
Nov.	15,0	+ 26,96	+ 0,61
Nov.	25,5	+ 30,84	+ 10,71
Dec.	5,0	+ 34,42	+ 8,73
1875 Febr.	27,0	+ 1,26	+ 6,17
März	8,0	+ 0,92	— 0,95
März	26,0	+ 0,36	+ 0,20
April	8,0	+ 3,91	— 1,67
1878 Aug.	12,5	— 10,90	+ 10,98
Aug.	22,5	— 10,87	+ 9,54
Sept.	2,5	— 13,03	+ 11,54

M. Z. Berl.	Rechn.-Beob. Cos Decl. $\Delta\alpha$	Δ Decl.
1881 Aug. 29,5	+ 1,39	— 3,29
Sept. 24,5	+ 22,39	— 1,71
Oct. 4,5	+ 22,44	— 13,66
Oct. 18,5	+ 17,98	— 24,75
Nov. 8,5	+ 8,47	— 17,59
1885 Jan. 13,5	+ 10,32	+ 4,68
Febr. 5,5	+ 5,70	+ 2,77
Febr. 14,5	+ 7,69	+ 5,20
Febr. 25,5	+ 20,47	+ 16,73
April 19,5	+ 13,74	— 13,40.

Diese Zahlen, die im ersten Paragraphen mit n_3 bezeichnet sind, sind dieselben, welche wir im Aufsatze «Comet Encke 1871—1885» pag. 23 gegeben haben[1]). Ausser den Elementencorrectionen wird auch die Correction der Mercursmasse gesucht. Die Auflösung der schon im ersten Paragraphen gegebenen Normalgleichungen führt auf folgende Werthe der gesuchten Correctionen:

$$\begin{aligned}
\Delta\pi &= - \ 0''{,}20 \\
\tfrac{1}{10}\Delta\Omega &= + \ 0{,}115 \\
\Delta i &= + \ 0{,}01 \\
\Delta\varphi &= + \ 0{,}39 \\
\Delta M &= + \ 4{,}10 \\
10^4\,\Delta\mu &= - \ 19{,}65 \\
10^6\,\Delta\mu_1 &= - \ 4{,}55 \\
100\,\tfrac{\Delta m_0}{m_0} &= + \ 186{,}15
\end{aligned}$$

und hiermit:

Elemente V_1. Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
M_0 &= 309^\circ\,37'\,29''{,}35 \\
\varphi &= 58\ \ 8\ 48{,}26 \\
\Omega &= 334\ 36\ 59{,}55 \\
\pi &= 158\ 17\ 12{,}66 \quad \text{M. Aequ. 1875,0} \\
i &= 13\ \ 7\ 20{,}01 \\
\mu &= 1079''{,}327543 \\
\mu' &= + \ 0{,}053121 \\
\varphi' &= - \ 1{,}88 \\
M &= M_0 + \mu t + 31''{,}8723\,\tau^2 - 4''{,}19\cos 2u.
\end{aligned}$$

1) Für 1875 April 8,0 ist jedoch a. a. O. Cos Decl. $\Delta\alpha$ fehlerhaft um — 3″,55 angesetzt. Dieses Versehen hat auf die abgeleiteten Elemente V keinen merkbaren Einfluss, wohl aber auf den w. Fehler der Darstellung eines Normalortes. Derselbe wird statt des daselbst gefundenen 5″,14 etwa 5″,0.

Für die Merkursmasse ergiebt sich:

$$m_0(\text{☿}) = \frac{1}{2668700 \pm 121400}.$$

Die Beobachtungen werden durch dieses System folgendermaassen dargestellt:

M. Z. Berl.			Elemente V_1—Beobacht. Cos Decl. ΔÆ	ΔDecl.
1871	Oct.	14,5	— 3″,67	— 2″,37
	Nov.	5,5	+ 6,36	— 1,95
	Nov.	15,0	— 1,02	+ 3,08
	Nov.	25,5	— 3,28	+ 2,91
	Dec.	5,0	+ 2,92	— 1,60
1875	Febr.	27,0	+ 2″,01	+ 6″,59
	März	8,0	+ 2,09	— 0,51
	März	26,0	+ 2,33	— 0,27
	April	8,0	— 0,23	— 8,23
1878	Aug.	12,5	+ 1,97	+ 1,04
	Aug.	22,5	+ 1,71	+ 0,91
	Sept.	2,5	— 1,06	+ 5,83
1881	Aug.	29,5	— 7,63	— 5,62
	Sept.	24,5	— 0,42	+ 2,84
	Oct.	4,5	— 2,00	+ 0,68
	Oct.	18,5	+ 5,01	— 3,48
	Nov.	8,5	— 0,71	— 3,48
1885	Jan.	13,5	+ 7,41	+ 6,16
	Febr.	5,5	+ 1,49	+ 1,43
	Febr.	14,5	— 0,54	+ 1,34
	Febr.	25,5	— 3,42	— 0,01
	April	19,5	+ 4,06	— 5,85

$$(vv) = 578{,}6$$

$$(nn.\ 8) = 571{,}5.$$

Der wahrscheinliche Fehler eines Normalortes ist demnach:

$$\pm\ 2''{,}69.$$

Gegen diese Darstellung kann man kaum etwas einwenden. Dass die Beobachtungen des Encke'schen Cometen überhaupt sich so gut darstellen lassen ist sehr bemerkenswerth,

wenn man bedenkt, dass die einzelnen Normal-Oerter gewiss mit systematischen Fehlern behaftet sind, welche von den Sichtbarkeitsphasen des Cometen abhängen. Das System V_1 unterscheidet sich nur in M und μ von den Elementen, welche aus der Vereinigung der 4 Erscheinungen 1871—1881 hervorgingen. (Vergl. «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881»).

Vergleichen wir nun das System V_1 mit den Beobachtungen 1868, so ergiebt sich:

M. Z. Berl.	Cos Decl. $\Delta\alpha$	ΔDecl.
1868 Juli 27,5	$-$ 68″,49 $+$ 2,471 ΔM	$+$ 5,93 $-$ 0,003 ΔM
Aug. 15,5	$-$ 109,78 $+$ 3,545 »	$+$ 31,90 $-$ 0,993 »
Aug. 23,0	$-$ 115,94 $+$ 3,842 »	$+$ 49,98 $-$ 1,648 »
Aug. 30,0	$-$ 122,97 $+$ 4,044 »	$+$ 66,77 $-$ 2,291 »

Hieraus erhält man für ΔM den Werth:

$$\Delta M = + 30″,12.$$

Damit das System V_1 die Beobachtungen 1868 angenähert darstellt, hat man also zu M 30″,12 hinzuzufügen. Wir nehmen nun an, dass μ' bei der Erscheinung 1868 und früher den Werth $+$ 0″,097774 hatte; warum dieser Werth und nicht der von Asten abgeleitete $+$ 0″,104418 angenommen wird, soll später begründet werden. Die mittlere Anomalie muss demgemäss nach der Formel:

$$M = M_0 + \mu t + 58″,664\,\tau^2 - 7″,62 \cos 2u$$

berechnet, aber in Folge des neuen Werthes $-$ 7″,62 von m muss noch weiter $+$ 2″,93 an M angebracht werden. Mit Rücksicht hierauf wird das System V_1, das so verbessert mit (V_1) bezeichnet werden mag; das folgende:

Elemente (V_1). Epoche und Osculation 1868 Juni 14,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
(M_0) &= 332^\circ\,13'\,50″,79 \\
\varphi &= 58\ \ 6\ 56,62 \\
\Omega &= 334\ 31\ 39,64 \\
\pi &= 158\ 11\ \ 6,46 \quad \text{M. Aequ. 1868,0} \\
i &= 13\ \ 6\ 43,99 \\
\mu &= 1079″,036982 \\
\mu' &= + 0,097774 \\
\varphi' &= - 3,47 \\
M &= (M_0) + \mu t + 58″,664\,\tau^2 - 7″,62 \cos 2u.
\end{aligned}$$

Die Veränderung in μ' ist wahrscheinlich keine momentane gewesen, man kann sie sich aber durch eine momentane ersetzt denken und die Zeit, wann diese stattgefunden haben würde, zu bestimmen suchen. Diese Aufgabe ist sehr einfach, wenn man die Correction ΔM, welche

an das M des Systems V_1 anzubringen ist, damit es den Beobachtungen 1868 genüge, als nur von der Veränderung in μ' herrührend betrachtet. Setzt man nämlich:

$$\varkappa = 600\ \mu'$$

so wird, wenn $\tau = \frac{t}{1200}$ von 1868 Juni 14,0 ab gerechnet wird:

$$\Delta M = 600\ \Delta\mu'\ \tau^2 = \Delta\varkappa\tau^2.$$

Es ist aber:

$$\Delta M = 30''\!,12$$

$$\Delta\varkappa = 58,66 - 31''\!,87 = 26''\!,79$$

und also:

$$\tau = 1,1243$$

oder:

$$t = 1349 \text{ mittlere Sonnentage.}$$

Demnach hätte die Veränderung 1871 Dec. 11 also nur 12 Tage vor dem Perihel-durchgange im Jahre 1871 stattgefunden. Dass dieses Resultat nicht zulässig ist, werden wir sofort zeigen.

Hat die Veränderung in μ' am 11 Dec. 1871 stattgefunden, so muss die bei dem System (V_1) angesetzte mittlere Bewegung demgemäss berichtigt werden, d. h. mit:

$$\Delta\mu = -\ 1,1243\ \Delta\mu' = -\ 1,1243 \times 0''\!,044653 = -\ 0''\!,050203.$$

Die dem System (V_1) gehörende mittlere Bewegung müsste demgemäss heissen:

$$\mu = 1078''\!,986799.$$

Vergleichen wir aber nun unter Berücksichtigung dieser mittleren Bewegung das System (V_1) mit den Beobachtungen 1865, so zeigt sich, dass dieselben garnicht dargestellt werden, und dass also diese mittlere Bewegung nicht richtig sein kann. Unter der Annahme, dass μ' allein sich geändert hat, kann demnach das System V_1 den Beobachtungen 1865 nicht genügen. Abgesehen von diesem Umstand ist es schon an und für sich plausibel, dass auch μ gleichzeitig mit μ' eine Veränderung erlitten hat. Um den Zeitpunkt für die Veränderung unter der Annahme, dass sowohl μ wie μ' sich verändert haben, zu bestimmen, bin ich folgenderweise verfahren. Nachdem das System (V_1) mit einem beiläufigen Werthe von μ und mit $\mu' = +\ 0''\!,097774$ auf die Epoche 1865 August 19,0 übertragen worden war, ermittelte ich durch successive Annäherungen die mittlere Anomalie für dieses Datum und einen genaueren Werth der mittleren Bewegung. Es ergab sich:

$$\mu = 1079''\!,00710,$$

wonach der Unterschied von dem μ, welches dem System V_1 gehört, $0''{,}02988$ beträgt. Zur Bestimmung des Zeitpunktes für die Veränderung in μ und μ' haben wir daher die Gleichung:

$$30''{,}12 = 0''{,}02988\, t + 26''{,}79\, \tau^2$$

oder

$$30''{,}12 = 35''{,}86\, \tau + 26''{,}79\, \tau^2.$$

Von den beiden Lösungen dieser Gleichung ist nur:

$$t = 703$$

brauchbar. Die als momentane betrachtete Veränderung wäre demnach 1870 Mai 19 eingetreten. Die Unsicherheit dieses Resultates muss ich vorläufig auf etwa 100 Tage anschlagen, wesentlich wegen der nur provisorisch bestimmten mittleren Bewegung und wegen des etwas willkürlich angenommenen Werthes $\mu' = 0{,}097774$. Nach definitiver Bestimmung dieser Grössen durch die Veränderung sämmtlicher Erscheinungen 1819—1868 wird diese Unsicherheit selbstverständlich beträchtlich vermindert werden.

Unter Berücksichtigung des neuen Werthes der mittleren Bewegung und des Zeitpunktes für die Veränderung in μ und μ' wird das System (V_1):

Elemente (V_1). Epoche und Osculation 1868 Juni 14,0 M. Z. Berl.

$$\left.\begin{array}{rl} M = & 332^\circ\,13'\,50''{,}79 \\ \varphi = & 58\ \ 6\ \ 57{,}55 \\ \Omega = & 334\ 31\ 39{,}64 \\ \pi = & 158\ 11\ \ 6{,}46 \\ i = & 13\ \ 6\ 43{,}99 \end{array}\right\} \text{M. Aequ. 1868,0}$$

$$\mu = 1079''{,}00710$$
$$\mu' = +\ 0{,}09777$$
$$\varphi' = -\ 3{,}47$$
$$M = M_0 + \mu t + 58{,}66\, \tau^2 - 7''{,}62 \cos 2u.$$

Auf 1865 August 19 übertragen wird es:

Elemente (V_1). Epoche und Osculation 1865 Aug. 19,0 M. Z. Berl.

$$\left.\begin{array}{rl} M = & 24^\circ\,46'\,13''{,}70 \\ \varphi = & 57\ 48\ 38.86 \\ \Omega = & 334\ 32\ 43{,}46 \\ \pi = & 158\ \ 3\ 51{,}06 \\ i = & 13\ \ 3\ 53{,}34 \end{array}\right\} \text{M. Aequ. 1865,0}$$

$$\mu = 1073''{,}81557$$
$$\mu' = +\ 0{,}09777$$
$$\varphi' = -\ 3{,}47$$
$$M = M_0 + \mu t + 58''{,}66\, \tau^2 - 7''{,}62 \cos 2u.$$

Die Vergleichung des Systems (V_1) für die letztere Epoche mit Asten's System XVI für dieselbe Epoche giebt:

Elemente (V_1) — Elemente XVI (Asten).

$$\begin{aligned} \Delta M &= +1''{,}25 \\ \Delta\varphi &= -4{,}36 \\ \Delta\Omega &= +4{,}91 \\ \Delta\pi &= +2{,}15 \\ \Delta i &= +2{,}13 \\ \Delta\mu &= -0{,}00403. \end{aligned}$$

Vor dieser Vergleichung wurde die von Asten angegebene mittlere Bewegung nach dem auf pag. 23 angeführten Verfahren reducirt.

Die Differenzen in Ω, π und i sind nicht grösser, als ihre wahrscheinlichen Fehler, und die etwas grössere Differenz in φ kann sehr wohl von den verschiedenen Massenwerthen, welche den beiden Systemen zu Grunde liegen, herrühren. Es ist demnach keine Veränderung in diesen Elementen angedeutet, oder sie ist wenigstens so geringfügig, dass sie ohne Bedeutung ist.

Dass die Annahme $\mu' = +0{,}097774$ nicht willkührlich ist um mehr als etwa $\pm 0''{,}007$, dürfte aus dem Vorhergehenden klar sein. Eine unabhängige, allerdings sehr provisorische Verbindung der drei Erscheinungen 1861 — 62, 65 und 68 ergab als Correctionen für μ und μ' des Systems (V_1) $+0''{,}002$ und $-0''{,}002$, die jedenfalls zu gering sind um die obigen Resultate zu ändern.

Die Vergleichung mit Asten's Elementen XVI zeigt schon, dass das System (V_1) sehr nahe richtig ist; eine angenäherte Vergleichung mit den Beobachtungen wird dies noch besser darthun.

Elemente (V_1) — Beobachtung.

		Cos Decl. ΔR	Δ Decl.
1865 Juni	27,0	$+16''$	$+12''$
Juli	13,0	-7	$+3$
Juli	17,0	-8	-6
Juli	22,0	-8	-5
1868 Juli	27,5	$+8$	$+7$
Aug.	15,5	$+4$	0
Aug.	23,0	$+5$	-3
Aug.	30,0	-1	-1.

Die Veränderung in μ und μ' wurde als momentan angenommen; wenn sie auch die Zeit eines ganzen Umlaufs des Cometen gebraucht hat um sich zu vollziehen, so werden dadurch die gewonnenen Resultate nicht wesentlich geändert. Die Veränderung kann sogar

vor der Erscheinung 1868 begonnen haben, was vor der definitiven Verbindung dieser Erscheinung mit den vorhergehenden nicht entschieden werden kann.

Die Frage, welcher der Grund zu der hier constatirten Veränderung in der Bewegung des Encke'schen Cometen sein kann, gehört eigentlich nicht hierher; jedoch darf das nicht unerwähnt bleiben, was deutlich auf der Hand liegt. Die Acceleration der mittleren Bewegung kann nur in zweierlei Weise erklärt werden. Entweder wird sie von einem widerstehenden Mittel erzeugt, oder sie ist in Zersetzungsprocessen des Cometen begründet. Im ersten Falle muss die Oberfläche des Cometen, gegen welche das widerstehende Mittel wirkt, sich verändert haben; denn es ist sehr unwahrscheinlich, dass das Mittel die Hälfte seiner Widerstandsfähigkeit im Laufe von 3 Jahren verloren hätte, um dann wieder constant zu bleiben. Im zweiten Falle muss eine verhältnissmässig abrupte Veränderung in den Zersetzungsprocessen stattgefunden haben. In beiden Fällen hat man also mit einer relativ rasch vor sich gegangenen, physischen Veränderung des Cometen zu thun.

Auffallend gross ist die Correction der Mercursmasse. Es ist aber schon aus meinem Aufsatze «Comet Encke. I» ersichtlich, dass die 5 letzten Erscheinungen nicht befriedigend verbunden werden können, wenn die von Asten abgeleitete Mercursmasse als richtig angenommen wird. Auf die Vereinigung der 4 Erscheinungen 1871—1881 hatten die Mercursstörungen wegen ihrer Geringfügigkeit einen nur unbedeutenden Einfluss; aber bei der Annäherung des Cometen an Mercur im Aug. 1878 — die kleinste Entfernung war 0,142 — wurde besonders die mittlere Bewegung gestört, wovon der Einfluss auf die Erscheinung 1885 sich deutlich erkennen liess. Von diesen Verhältnissen hängt die jetzige Bestimmung der Mercursmasse ab. Der Umstand nun, dass die Elemente, welche aus der Verbindung der 5 letzten Erscheinungen hervorgehen, mit den aus den Erscheinungen 1871—1881 ermittelten, mit Ausnahme von M und μ, vollständig übereinstimmen, und dass die Darstellung der Beobachtungen in beiden Fällen ausnehmend vorzüglich ist, spricht dafür, dass die erhaltene Correction der Mercursmasse sehr nahe richtig ist. Ist μ' während der ganzen Zeit 1871—1885 wirklich constant gewesen, so erlauben die Beobachtungen in keiner Weise eine Vergrösserung des reciproken Werthes der jetzigen Bestimmung von m_0, die 1500000 übersteigt.

Es wird hier eine Zusammenstellung der bis jetzt ausgeführten Bestimmungen der Mercursmasse vielleicht nicht ohne Interesse sein.

	m_0 (☿)	
1)	$\frac{1}{3271742}$	Encke aus sämmtlichen Erscheinungen des Cometen 1818—1848.
2)	$\frac{1}{10252900}$	Encke aus sämmtlichen Erscheinungen 1828—1848.
3)	$\frac{1}{8234192}$	Encke aus den Erscheinungen 1828—1848 mit Ausschluss der Beobachtungen nach dem Periheldurchgange.
4)	$\frac{1}{3000000}$	Lagrange. Angenommen.

5) $\frac{1}{4360000}$ Leverrier (Asten Untersuchungen etc.)

6) $\frac{1}{7636440}$ Asten aus sämmtlichen Erscheinungen des Encke'schen Cometen 1818–1868.

7) $\frac{1}{7100000}$ Tisserand. C. R. Tome XCII p. 653.

8) $\frac{1}{3800000}$ Tisserand. » » » »

9) $\frac{1}{7500000}$ Newcomb. Angenommen (Vergl. Transits of Mercury 1677—1881. Astronomical Papers prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac).

10) $\frac{1}{2668700}$ Backlund aus den 5 Erscheinungen des Encke'schen Cometen 1871—1881.

Die Werthe 1, 4, 5, 8 und 10 stimmen mit einander so gut wie vollständig überein und bilden den 4 andern gegenüber eine bestimmte Gruppe. Bedenklich ist aber der grosse Unterschied — nahezu gleich dem Mittel aus sämmtlichen Werthen — zwischen den beiden Gruppen.

In der Einleitung habe ich die Schwierigkeit, die Bestimmung der Mercursmasse von der Bestimmung von μ' zu trennen, hervorgehoben. Zur Beleuchtung dieses Punktes mögen noch die denselben Systemen zugehörigen Werthe von m_0 (☿) und μ' zusammengestellt werden:

m_0 (☿)	μ'
$\frac{1}{3271742}$	+ 0″,097774
$\frac{1}{10252900}$	+ 0,105544
$\frac{1}{8234192}$	+ 0,104730
$\frac{1}{7636440}$	+ 0,104418

Nach 1870 (Erscheinungen 1871—1885).

$\frac{1}{7636440}$	+ 0,060913
$\frac{1}{2668700}$	+ 0,053121.

Es scheint also, als ob den grösseren Werthen von m_0 (☿) kleinere Werthe von μ', und den kleineren Werthen von m_0 (☿) die grösseren von μ' entsprächen. Dies ist der Grund, warum ich, bei der Untersuchung über den Zeitpunkt für die Veränderung von μ', vor dieser Veränderung $\mu' = + 0''{,}097774$ angenommen habe.

Da das System V_1 als definitiv angenommen wird, wollen wir es auf die angenommenen Epochen 1871, 74, 78, 81 und 84 reduciren.

Elemente V_1

Epoche und Osculation 1871 Juli 15,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
(M) &= 309^\circ\, 57''\, 25'',20 \\
\varphi &= 58\ \ 8\ \ 20,70 \\
\left.\begin{aligned}\Omega &= 334\ \ 34\ \ 24,99 \\ \pi &= 158\ \ 13\ \ 13,60 \\ i &= 13\ \ 7\ \ 24,14\end{aligned}\right\} & \text{M. Aequ. 1871,0} \\
\mu &= 1079'',778015
\end{aligned}$$

Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
M_0 &= 309^\circ\, 37'\, 29'',35 \\
\varphi &= 58\ \ 8\ \ 48,26 \\
\left.\begin{aligned}\Omega &= 334\ \ 36\ \ 59,55 \\ \pi &= 158\ \ 17\ \ 12,66 \\ i &= 13\ \ 7\ \ 20,01\end{aligned}\right\} & \text{M. Aequ. 1875,0} \\
\mu &= 1079'',327541
\end{aligned}$$

Epoche und Osculation 1878 April 24,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
(M) &= 332^\circ\ \ 3'\ \ 10'',35 \\
\varphi &= 58\ \ 7\ \ 11,27 \\
\left.\begin{aligned}\Omega &= 334\ \ 19\ \ 13,22 \\ \pi &= 158\ \ 19\ \ 31,60 \\ i &= 13\ \ 6\ \ 36,95\end{aligned}\right\} & \text{M. Aequ. 1878,0} \\
\mu &= 1079'',448241
\end{aligned}$$

Epoche und Osculation 1881 Juli 2,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
(M) &= 319^\circ\, 23'\, 59'',00 \\
\varphi &= 57\ \ 42\ \ 53,21 \\
\left.\begin{aligned}\Omega &= 334\ \ 34\ \ 28,21 \\ \pi &= 158\ \ 29\ \ 40,24 \\ i &= 12\ \ 53\ \ 7,09\end{aligned}\right\} & \text{M. Aequ. 1881,0} \\
\mu &= 1072'',089099
\end{aligned}$$

Epoche und Osculation 1885 Dec. 18,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned}
(M) &= 336^\circ\, 15'\, 11'',09 \\
\varphi &= 57\ \ 45\ \ 18,63 \\
\left.\begin{aligned}\Omega &= 334\ \ 36\ \ 56,32 \\ \pi &= 158\ \ 32\ \ 45,21 \\ i &= 12\ \ 54\ \ 0,76\end{aligned}\right\} & \text{M. Aequ. 1885,0} \\
\mu &= 1073'',012513
\end{aligned}$$

wozu noch gehört:

$$\begin{aligned} \mu' &= + \ 0''053121 \\ \varphi' &= - \ 1{,}88 \\ 600\,\mu' = \varkappa &= + \ 31{,}8723 \\ m &= - \ 4{,}14 \\ m_0\,(\mathrm{Q}) &= \frac{1}{2668700}. \end{aligned}$$

(M) ist M_0 durch die Relation:

$$(M) = M_0 + \mu t + \varkappa\tau^2$$

verbunden. Für die Zeiten der Normalörter muss also noch $m \cos 2u$ hinzugefügt werden.

Zur Verbindung der 5 Erscheinungen 1871 — 1885 unter Annahme der Newcomb'schen Erdmasse wollen wir dasselbe vorläufige System anwenden, mit Hülfe dessen die Elemente VI_2 und V_1 abgeleitet sind. Die bekannten Glieder der Bedingungsgleichungen sind also die mit n_2 bezeichneten, aber natürlich mit Ausschluss derjenigen für 1868. Die Auflösung der entsprechenden Normalgleichungen, deren Coefficienten wir im Vorhergehenpen gegeben haben, liefert:

$$\begin{aligned} \Delta\pi &= + \ 0''09 \\ \tfrac{1}{10}\,\Delta\Omega &= + \ 0{,}074 \\ \Delta i &= + \ 0{,}01 \\ \Delta\varphi &= + \ 0{,}42 \\ \Delta M &= + \ 2{,}95 \\ 10^4\,\Delta\mu &= - \ 6{,}49 \\ 10^6\,\Delta\mu_1 &= - \ 6{,}37 \\ 100\,\frac{\Delta m_0}{m_0} &= + \ 219{,}13. \end{aligned}$$

Hiermit erhalten wir:

Elemente V_2 Epoche und Osculation 1874 Oct. 27,0 M. Z. Berl.

$$\begin{aligned} M_0 &= 309^\circ\ 37'\ 28''20 \\ \varphi &= 58\ \ 8\ \ 48{,}29 \\ \Omega &= 334\ 36\ 59{,}17 \\ \pi &= 158\ 17\ 12{,}95 \quad \text{M. Aequ. 1875,0} \\ i &= 13\ \ 3\ \ 20{,}01 \\ \mu &= 1079''328858 \\ \mu' &= + \ 0{,}050939 \\ \varphi' &= - \ 1{,}79 \\ M &= M_0 + \mu t + 30''5634\,\tau^2 - 3''96 \cos 2u. \\ m_0(\mathrm{Q}) &= \frac{1}{2393300}. \end{aligned}$$

Diese Elemente unterscheiden sich nur um unbedeutende Grössen von den Elementen V_1. Die Mercursmasse wird hier etwas grösser erhalten, aber dafür μ' etwas kleiner.

Die Darstellung durch das System V_2 ist die folgende:

M. Z. Berl.		Elemente V_2 — Beobacht. Cos Decl. ΔA	Δ Decl.
1871 Oct.	14,5	— 2″,29	— 3″,33
Nov.	5,5	+ 5,77	— 2,23
Nov.	15,0	— 1,61	+ 2,71
Nov.	25,5	— 3,33	+ 3,48
Dec.	5,0	+ 1,06	— 0,23
1875 Febr.	27,0	+ 1,78	+ 6,44
März	8,0	+ 1,73	— 0,70
März	26,0	+ 1,72	— 0,19
April	8,0	+ 1,07	— 6,79
1878 Aug.	12,5	+ 2,57	+ 0,81
Aug.	22,5	+ 2,05	+ 0,81
Sept.	2,5	— 0,64	+ 5,89
1881 Aug.	29,5	— 6,13	— 5,35
Sept.	24,5	+ 0,05	+ 3,70
Oct.	4,5	— 2,17	+ 2,14
Oct.	18,5	+ 4,59	— 2,34
Nov.	8,5	+ 1,09	— 4,38
1885 Jan.	13,5	+ 6,75	+ 6,64
Febr.	5,5	+ 1,79	+ 1,67
Febr.	14,5	— 1,22	+ 0,59
Febr.	25,5	— 3,73	— 0,18
April	19,5	+ 3,83	— 4,73

$$(vv) = 518{,}9$$

$$(n\,n.\ 8) = 4873{,}.$$

w. Fehler eines Normalortes:

$$\pm\ 2''{,}56.$$

Ausser dieser Lösung habe ich noch eine erhalten, indem das periodische Glied $m \cos 2u$ vernachlässigt wurde. Das in dieser Weise erhaltene System stellt die Normalörter mit einem w. Fehler von etwa ± 3″,9 dar.

Wenn nun von den Ergebnissen der vorstehenden Untersuchungen die Hauptpunkte zusammengefasst werden, so ergiebt sich:

1. Die in meiner Abhandlung «Untersuchungen über die Bewegung des Encke'schen Cometen 1871—1881» constatirte Veränderung in der Acceleration der mittleren Bewegung ist durch die Vereinigung der 5 Erscheinungen 1871—1885 vollkommen bestätigt.
2. Die Veränderung, wenn sie als eine momentane angenommen wird, hat zu der Zeit stattgefunden, als der Comet im Jahre 1870 sich in der Nähe des Aphels befand.
3. Ausser μ' hat sich auch μ verändert. Dagegen scheinen die Elemente φ, Ω, π und i, abgesehen von den planetarischen Störungen, unverändert geblieben zu sein.
4. Wenn μ' während der Zeit 1871—1885 constant gewesen ist, so muss die Bestimmung der Mercursmasse, trotzdem dass sie nur auf eine einzige Annäherung des Cometen an Mercur beruht, als verhältnissmässig sicher bezeichnet werden. Damit ist ein schwerwiegender Grund zu Gunsten der Richtigkeit der Gruppe der grösseren Massenwerthe gewonnen.
5. Wenn die Genauigkeit, mit welcher die Beobachtungen dargestellt werden, als massgebend für die Theorie betrachtet werden darf, so kann die hier gegebene Theorie für die Bewegung des Encke'schen Cometen nach 1868 als befriedigend gelten.

NACHTRAG.

Bei der Vergleichung der Elemente VI_1 und VI_2 mit den Beobachtungen wurden aus Versehen Werthe der Merkursmasse angewandt, die sich etwas von denen, welche diesen Elementen angehören, unterscheiden. Dies hat aber keine andere Folgen, als dass die grössten Unterschiede zwischen den angeführten übrigbleibenden Fehlern, Seite 19 und 27, und den richtigen nur einige Zehntheile einer Secunde betragen.

Da die Berechnung der Coefficienten der Bedingungsgleichungen, die Bildung der Normalgleichungen und die Auflösung derselben mit Hülfe von fünfstelligen Logarithmen ausgeführt sind, so werden dadurch diejenigen Werthe der Merkursmasse, welche den Systemen V_1 und V_2 angehören, etwas unsicherer als der bei dem System V_1 angesetzte w. Fehler angiebt. Auf die übrigen Resultate übt dieser Umstand keinen anderen Einfluss aus als den, dass die Uebereinstimmung zwischen (*vv*) und (*nn*. 8) nicht ganz befriedigend ausfällt. Da aber gewisse Normalörter, namentlich diejenigen, welche dem Anfange einer Erscheinung entsprechen, derart systematisch fehlerhaft sein können, dass sie Unsicherheiten der Massenbestimmung von eben solcher Grösse verursachen können, so habe ich es nicht der Mühe Werth erachtet die Rechnungen mit sechsstelligen Logarithmen zu wiederholen.

Folgende Berichtigungen sind noch hinzuzufügen:

Seite	17	Zeile	3	v.	Oben:	wir mit	statt:	mit wir
»	17	»	5	»	»	M_0	»	M
»	18	»	11	v.	Unten:	M_0	»	M
»	18	»	17	»	»	—8,04	»	—8,036
»	18	»	16	»	»	+0,87	»	+0,870
»	18	»	15	»	»	—4,04	»	—4,0397
»	22	Das für die beiden Systeme XVI und VI_1, gemeinschaftliche M. Aequinoctium soll sein 1865,0 statt 1868,0						
»	22	Zeile	11	v.	Unten:	M_0	statt:	M
»	22	»	4	»	»	—3,68	»	—3,67
»	26	»	4	»	Oben:	—31,78	»	—31,779
»	26	»	3	»	»	+3,03	»	+3,025
»	34	»	13	»	»	Verbindung	»	Veränderung
»	39	»	7	»	»	(M) ist mit M_0	»	(M) ist M_0
»	40	»	8	v.	Unten	487,3	»	4873,

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 9.

ZUR KENNTNISS

DER ADEPHAGEN COLEOPTEREN.

VON

August Morawitz.

172720
AUG 29

(*Lu le 13 mai 1886.*)

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & Cie et J. Glasounof	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel.)

Prix: 70 Kop. = 2 Mark 30 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE
TOME XXXIV, N° 9.

ZUR KENNTNISS

DER ADEPHAGEN COLEOPTEREN.

VON

August Morawitz.

(*Lu le 13 mai 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers & Cie et J. Glasounof	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel.)

Prix: 70 Kop. = 2 Mark 30 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Novembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.

I. Neue centralasiatische Carabus-Arten, nebst Bemerkungen über neuerdings versuchte natürliche Gruppirung der Caraben.

Das Material, welches den ersten Anstoss zu diesen Bemerkungen gegeben, verdankt das zoologische Museum der K. Akademie der Wissenschaften dem berühmten Reisenden und Erforscher Centralasiens, dem General-Major des Generalstabs N. M. Przewalski, welcher auf seinen Forschungsreisen, unter andern naturhistorischen Objecten, gelegentlich auch Insekten gesammelt. Nicht minder interessant erwiesen sich auch die leider zum grössten Theil sehr schlecht erhaltenen Coleopteren, welche Dr. A. Regel in früheren Jahren aus Turkestan eingesandt. Ein paar turkestaner *Caraben* erhielt unser Museum von Herrn W. E. Jakowlew, einige wenige auch von Dr. O. Staudinger in Blasewitz. Ganz besonders dankbar muss ich aber die Bereitwilligkeit anerkennen, mit welcher Herr W. A. Balassoglo aus seiner Sammlung alle, zum Theil von ihm selbst in Turkestan entdeckte, *Caraben* abtrat, welche unserem Museum bisher fehlten. Diese waren mir um so wichtiger, als ich sogleich über manche Arten Gewissheit erlangte, welche bei den von C. A. Dohrn kürzlich beschriebenen, gleichfalls von Herrn Balassoglo stammenden *Carabinen* mir sonst gefehlt hätte.

Obgleich die Anzahl der an unser Museum gelangten centralasiatischen *Carabinen* eine nicht ganz unansehnliche ist, so sind mir leider dennoch viele der beschriebenen Arten unbekannt geblieben, darunter *Carabus*-Formen, welche sogar zur Aufstellung neuer Gattungen Veranlassung gegeben, — Gattungen, wie solche in neuester Zeit überhaupt in immer grösserer Anzahl in Aufnahme gekommen sind. Eine Untersuchung der etwaigen Berechtigung dieser Gattungen schien mir um so nothwendiger als von den nachstehend beschriebenen Arten keineswegs alle diesen sog. Gattungen ohne Weiteres zugewiesen werden konnten.

Schon vor Jahren, als ich einen Beitrag zur Käferfauna der Insel Jeso (Mém. de l'Acad. Imp. d. sc. de St. Pétersbourg. VII sér. T. VI № 3. Februar 1863.) veröffentlichte, unterwarf ich die bis dahin angenommenen Gattungen der *Carabinen* einer ausführlichen Besprechung. Den Ausspruch von zweien allgemein anerkannten, deutschen Entomologen, Schaum (Ins.

Deutschl. I. 1. 1856. p. 118.) und Gerstaecker (Linn. Entomolog. XII. 1858. p. 418.) für unanfechtbar haltend, dass nämlich die chilenischen sog. *Carabus*-Arten, von welchen mir damals nur wenige Arten in einzelnen Exemplaren bekannt waren, nicht von der Gattung *Carabus* generisch getrennt werden dürfen, gelangte ich zu dem Resultat, dass unter den *Carabinen* die Berechtigung irgend einer der von *Carabus* abgezweigten Gattungen überhaupt zweifelhaft sei (l. c. p. 19.), da die für diese Gattungen angegebenen Merkmale sich entweder als nicht stichhaltig, oder von gar zu geringer Bedeutung erwiesen, um als Gattungsmerkmale gelten zu können.

In seinem Referat über diese Arbeit führte gleich darauf Schaum (Berl. Ent. Z. 1863. 1. Heft. Zeitschriftschau p. II.) für die Berechtigung der Gattung *Calosoma* wieder nur solche Merkmale an, welche von mir bereits als hinfällig nachgewiesen worden waren. Sonst wurden die genannten Gattungen nur in faunistischen Bearbeitungen mehr oder weniger eingehend characterisirt. Solche faunistische Bearbeitungen, so werthvoll sie auch sonst sind, erweisen sich für solche Fragen aber meistens kaum von Bedeutung, da ja gewöhnlich nur ein sehr kleiner Theil der in Betracht zu ziehenden Arten zum Vergleich kommt, und wenn kürzlich auch Horn in seiner Arbeit «On the genera of Carabidae with special reference to the fauna of Boreal America (Tr. Am. Ent. S. IX. 1881.)» *Calosoma* und *Carabus* wieder einmal durch das gekielte, resp. nicht gekielte dritte Fühlerglied von einander scheidet, so ist es schon längst bekannt, dass dieses Merkmal für sich allein nicht ausreicht, um *Calosoma* von den übrigen *Carabinen* zu trennen. Ich brauche nur an *Carabus* (*Eupachys*) *glyptopterus* zu erinnern, bei welchem das dritte Fühlerglied gleichfalls scharf gekielt ist. Horn's Arbeit ist eben, wie es ja auch der von ihm gewählte Titel besagt, eigentlich eine faunistische, und glaube ich es jedenfalls hervorheben zu müssen, dass Horn für die nordamerikanische Fauna die Gattungen *Calosoma* und *Carabus* als solche zwar annimmt, indessen darauf besonders aufmerksam macht, dass «the disparity between the genera is not so great as in Europe (l. c. p. 109.)», und mit diesem Ausspruch eigentlich doch nur einem Zweifel an der Berechtigung der Gattung *Calosoma* Ausdruck gibt.

C. G. Thomson behandelt in seinen Några anmärkningar öfver arterna af slägtet Carabus (Opuscula entomologica VII. 1875. p. 615 sq.) die verwandten Gattungen in einer Weise, dass es unzweifelhaft besser gewesen wäre, wenn er dieselben gar nicht erwähnt hätte. Es genügt doch wahrlich nicht, von artenreichen Gattungen sogenannte Gattungscharacteristiken nach einzelnen Repräsentanten zu entwerfen; ja, bei Characteristik der Gattung *Calosoma* hat Thomson nicht einmal die wenigen in Schweden vorkommenden Arten eines eingehenderen Vergleichs für nothwendig erachtet. Denn «caput breve, pone oculos prominulos constrictum. Prothorax apice haud emarginato, angulis posticis nullis vel brevissimis, lateribus haud elevato-deplanatis», wie Thomson (l. c. p. 630.) für *Calosoma* im Allgemeinen angibt, sind Angaben, welche auf die nach Thomson (Skandinav. Col. I. 1859. p. 174. (12). — IX. 1867. p. 9.) auch in Schweden einheimische, von ihm als *Calosoma reticulata* aufgeführte Art ganz und gar nicht zutreffen. Dieser auf einen einzelnen Repräsentanten der angenom-

menen Gattungen eingeschränkte Vergleich führt denn auch Thomson (l. c. p. 617.) dazu, einen Conspectus generum zu geben, wie ein solcher unbefriedigender doch wohl kaum gedacht werden kann. Es sind nicht nur durchaus ungleichwerthige Artencomplexe als sog. Genera einander gegenübergestellt, sondern es erweisen sich auch die von Thomson in den Vordergrund gestellten Merkmale als durchaus unwesentlich und hinfällig. Geradezu erstaunen muss man, wie wenig Thomson hinsichtlich des systematischen Werths der von ihm unter den *Carabinen* angenommenen Gattungen zur Erkenntniss gekommen: die überhaupt nicht zu dieser Zunft gehörige Gattung *Pamborus* wird mitten in die *Carabinen* eingeschaltet und die so merkwürdige Gattung *Haplothorax* sogar zwischen *Procrustes* und *Carabus*, also zwischen Formen, deren generische Trennung immer und immer wieder als durchaus unbegründet hingestellt worden ist!

Die Gattung *Ceroglossus* oder die chilenischen sog. *Carabus* werden von Thomson von allen andern gesondert durch die «frons sulcis ocularibus nullis, antice angustata, setis pluribus ocularibus». Der geglättete Längswulst am Innenrande der Augen ist aber der ganzen Länge nach deutlich vorhanden und die an diesem sich hinziehende Ocularfurche ist nur wegen der kaum oder gar nicht angedeuteten Stirnfurchen, hauptsächlich aber wegen der dichten Punktirung und Runzelung des ganzen Kopfes bei einigen *Ceroglossus*-Arten undeutlich, bei andern aber trotzdem deutlich wahrnehmbar. Bei andern *Carabinen* mit verwischten Stirnfurchen und dicht punktirtem Kopf, z. B. *Carabus graecus*, ist genau dasselbe der Fall. Was aber die «frons antice angustata» anbetrifft, so zeichnen sich gerade die *Ceroglossus*-Arten in dieser Hinsicht vor der grösseren Mehrzahl der *Carabinen* absolut durch nichts aus. Der ganze Körper im Allgemeinen, das Kopfschild, die Oberlippe, die Taster, ja, selbst das erste Fühlerglied, haben mehr Borstenhaare als bei den übrigen *Carabinen*, die aber hinsichtlich der Anzahl auch bei den einzelnen *Ceroglossus*-Arten variabel sind, und es erweckt eine durchaus falsche Vorstellung, wenn als Gegensatz zu *Ceroglossus* von den übrigen *Carabinen* nichts Anderes angegeben wird als «frons seta unica utrinque juxta oculos instructa». Und diese Angabe ist überdies nicht einmal richtig, da bei *Carabus taedatus*, *C. sylvestris* u. s. w. hin und wieder statt der «seta unica» zwei Borsten vorhanden sind, von denen die zweite nach innen und etwas hinter der am Innenrande der Augen stehenden sich befindet, und es haben diese Ocular- resp. Stirnborsten ganz im Allgemeinen, so weit ich bis jetzt urtheilen kann, überhaupt nur geringe systematische Bedeutung[1]). Für die Gat-

1) Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 281.) sagt von den *Caraben* ganz im Allgemeinen: «Auf dem Occiput befindet sich auf jeder Seite eine ähnliche Borste, die von Thomson in seiner Einleitung nicht besonders erwähnt wird», und hat damit wahrscheinlich diese, hin und wieder vorkommende, zweite Stirnborste gemeint. Auf dem Occiput kann keine Borste vorkommen, da der Kopf sonst nicht ins Halsschild eingezogen werden könnte. Horn (l. c. p. 108.), der in seiner Arbeit «On the genera of *Carabidae*» auf die Anzahl der Stirnborsten grosses Gewicht legt und die zahlreichen, von ihm als *Harpaliden* zusammen gefassten *Carabiciden*, je nachdem eine oder zwei Stirnborsten vorhanden, in zwei Hauptabtheilungen sondert, hätte an den *Carabinen*, auch an den nordamerikanischen, sich davon überzeugen können, dass die Stirnborsten hinsichtlich ihrer Anzahl variabel sind. Aber abgesehen davon, dass Horn den Kopf der *Carabinen* «with one supraorbital setigerous puncture» angibt, ist die

tung *Ceroglossus* hätten andere, von Solier bereits angegebene Merkmale doch wohl eher in den Vordergrund gestellt werden müssen. Aber was noch viel seltsamer erscheint, unter den auf solche Weise abgetrennten übrigen *Carabinen* werden die *Calosomen* zusammen mit der von Thomson creirten Gattung *Cathoplius* wieder von allen andern *Carabinen* gesondert durch einen «Prothorax fortiter transversus, latitudine sua saltim duplo brevior, apice truncato, augulis posticis nullis vel brevissimis, lateribus valde dilatatis». Darnach wäre auch der bekannte *Carabus* (*Procerus*) *syriacus* ein *Cathoplius!* Allerdings zeigt ein Vergleich der ausführlichen Beschreibung von *Cathoplius*, dass Thomson (l. c. p. 628.) nur den *Carabus cychrocephalus*[1]) gemeint, aber diese sehr auffallende *Carabus*-Art kann im System nicht von

Characteristik seiner Tribe V keineswegs auf alle *Carabinen* zutreffend, wie ein genauer Vergleich dieser Characteristik mit den schon anderweitig gemachten Angaben ergibt, welche über in Nordamerika nicht vorkommende *Carabinen* in den verschiedenen Arbeiten sich finden. Hier hebe ich daher nur diejenigen von Horn gemachten Angaben hervor, welche auf die nordamerikanischen Arten nicht zutreffen. Die sog. *Callisthenes*-Arten, nebst *Calosoma cancellatum* und *Calosoma laeve*, welche gleichfalls als *Callisthenes*-Formen in Anspruch genommen werden müssen, haben deutlich ausgesprochen transversale Augen, also können diese bei den *Carabinen* in toto nicht als «round» angegeben werden. Die Angabe «thorax with a setigerous puncture at the side and one also near the posterior angle» ist gleichfalls ungenau: von den mir bekannten nordamerikanischen Arten haben *Carabus taedatus* und *Calosoma Zimmermanni*, desgleichen, wie schon Thomson (l. c. p. 697 et 704.) richtig angibt, *Carabus vinctus* und *limbatus*, mehrere Borsten an den Seiten des Pronotum. Die von Horn gemachten Angaben sind vor Kurzem ohne Veränderung in Leconte's und Horn's Classification of the Coleoptera of North-America (Smithsonian Miscell. Collect. XXVI. IV. 1883. p. 9.) wiederholt, obgleich Horn inzwischen den *Carabus cancellatus* für Nordamerika anführt, bei welchem das Pronotum an den Seiten gleichfalls viele Borsten hat.

Ich halte übrigens Horn's Angabe, dass *Carabus cancellatus* in Nordamerika vorkomme, für durchaus unwahrscheinlich. Eine so grosse Art hätte sich schwerlich den Nachforschungen der nordamerikanischen Entomologen so lange entzogen, und die in einer Flasche mit nordamerikanischen Käfern gefundenen Exemplare des *Carabus cancellatus* hat sich der von Horn (Tr. Amer. Entom. S. X. 1883. p. 270.) erwähnte, verstorbene (!) Entomologe vielleicht nur deshalb zuschicken lassen, weil von dem *C. cancellatus* schon Dejean (Spec. II. 1826. p. 101.) angibt: «J'en possède un individu en très mauvais état, provenant de la collection de feu Palisot de Beauvois où il était, je crois, noté comme de l'Amerique septentrionale; mais je n'en suis pas certain». Nur aus Bequemlichkeit können die von Horn gesehenen Exemplare des *C. cancellatus* in die erwähnte Flasche gelegt worden sein, vielleicht nur, weil das aus Europa erhaltene, mit dem leicht kenntlichen *C. cancellatus* angefüllte Fläschchen augenblicklich zu anderem Zweck benutzt werden sollte. Ich halte das Vorkommen des *C. cancellatus* in Nordamerika deshalb für durchaus unwahrscheinlich, weil diese in Europa weit verbreitete *Carabus*-Art, nach den bisherigen Erfahrungen, in Sibirien nur im westlichen Theil vorkommt. Als östliche Grenze des Vorkommens dieser Art kann ich nach unserer Sammlung das Stromgebiet der Unteren Tunguska angeben, wo A. Czekanowski den *Carabus cancellatus* mehrfach gefunden. Bei Irkutsk und jenseits des Baikal-Sees, bei Jakutsk und im Amur-Lande, wo viel gesammelt worden ist, ist noch kein Stück von *C. cancellatus* angetroffen worden. Alle sibirischen, überhaupt alle unzweifelhaft russischen Exemplare, welche ich bis jetzt gesehen, gehören zu der jetzt allgemein als *var. tuberculatus* unterschiedenen Form, welche nach Kraatz (Bresl. Entom. Z. 1879. p. 59.) auch schon in Ostpreussen einzig und allein vorkommt.

Auch *Carabus Beauvoisi*, welcher als der europäische *C. catenulatus* erkannt worden ist, ist bekanntlich von Dejean (Spec. II. 1826. p. 68.) beschrieben worden nach Exemplaren, welche Palisot de Beauvois angeblich aus Nordamerika mitgebracht.

1) Es wird jetzt allgemein angenommen, dass der von Fairmaire (Ann. S. Entom. Fr. 1857. p. CLVII.—1858. p. 748. pl. 16. f. 2.) beschriebene *Carabus cychrocephalus* identisch sei mit dem von Dejean (Spec. II. 1826. p. 209. 14.) nach einem kopflosen Exemplar aufgestellten *Calosoma asperatum*, indessen schwerlich mit Recht. Dejean (l. c. p. 191.) sagt von den *Calosomen* den *Caraben* gegenüber: «Le corselet est plus court, presque transversal», von *Calosoma asperatum* aber nur «Le corselet est arrondi, moins long que large», und führt ferner an: «Les élytres sont plus larges que le corselet», welche Angaben eher auf den von Lucas (Ann. S. Entom. Fr. 1866. p. 226. pl. 3. f. 2.) beschriebenen *Carabus stenocephalus* hinweisen, wie auch Dejean's Angabe «en dessus entièrement d'un noir un peu opaque». Wenigstens habe ich noch keinen matten *C. cychrocephalus* gesehen.

Carabus stenocephalus getrennt werden, dessen Prothorax «haud vel parum transversus» ist, wie der Prothorax, trotzdem dass Thomson (l. c. p. 642.) selbst denselben in der *Cratocephalus*-Gruppe «latitudine sua saltim duplo brevior» bezeichnet, bei allen übrigen *Carabinen* nach Thomson sein soll! Diese beiden zuletzt genannten *Cathoplius*-Arten als selbstständige Gattung anzunehmen und durch ganz heterogene Formen zu trennen von der unzweifelhaft zunächst verwandten *Macrothorax*-Gruppe der Gattung *Carabus* ist doch gewiss ganz unzulässig, während andrerseits die Vereinigung der *Coptolabrus*-Gruppe mit *Macrothorax*, wie es Thomson (l. c. p. 691.) thut, nur auf einer ganz oberflächlichen, habituellen Aehnlichkeit des *Carabus* (*Coptolabrus*) *smaragdinus* mit dem *Carabus* (*Macrothorax*) *Aumonti* beruht.

«Antennae articulo 2° fere transverso, quam 3° saltim duplo breviore, ambobus compresso carinatis», glaubt Thomson (l. c. p. 618.) als ferneres, wesentliches Merkmal für die Gattung *Calosoma* hervorheben zu müssen, während Horn (l. c. p. 109.) der Kürze des zweiten Fühlergliedes gar nicht gedenkt, weil eben bei den nordamerikanischen *Calosomen* dieses Merkmal nicht stichhaltig ist. Ja, ein paar nordamerikanische *Calosomen* sind sogar, offenbar nur aus dem Grunde, weil das zweite Fühlerglied verhältnissmässig gestreckt, etwa $1^1/_2$ mal so lang wie breit ist, anfänglich als *Carabus* beschrieben worden: so von Say (Journ. Ac. Philadelph. III. 1823. p. 150.) *Calosoma externum* als *Carabus externus* und ein anderes unzweifelhaftes *Calosoma* von Leconte (Ann. Lyc. IV. 1847. p. 445. 8.) als *Carabus Zimmermanni*. An letzterem Ort zieht denn auch Leconte *Calosoma externum* wieder zu *Carabus* und zu dieser Gattung auch *Calosoma luxatum*, obgleich Say (Journ. Ac. Philadelph. III. 1823. p. 149.) diese Art als *Calosoma* beschrieben hatte, freilich mit der Bemerkung «This insect has the short, transverse thorax of *Calosoma*, but the proportions which the joints of the antennae bear to each other are similar to those of many *Carabi*». Darnach scheint Leconte eine Zeit lang *Calosoma* von *Carabus* einzig und allein durch das kurze zweite Fühlerglied unterschieden zu haben, und eben weil dieses zweite Fühlerglied bei den genannten Arten nicht so kurz ist wie bei den übrigen *Calosomen*, glaubte Leconte diese zu *Carabus* ziehen zu müssen; aber nach ihrem ganzen übrigen Bau gehören die genannten Arten zur Gattung *Calosoma*, wohin sie später auch von Leconte (Bull. Brookl. Ent. S. I. 1878. p. 64.) selbst durchaus mit Recht gestellt worden sind. Den *Carabus Zimmermanni* hatte Leconte (Ann. Lyc. V. 1851. p. 200.) schon früher als zu *Callisthenes* gehörig bezeichnet, welche von Fischer (Entomogr. Ross. I. 1820—22. p. 84.) aufgestellte Gattung schon Dejean (Spec. II. 1826. p. 191.) als nicht genügend begründet ansah, und wurden schliesslich auch von nordamerikanischen Entomologen die sog. *Callisthenes*-Arten wieder zu *Calosoma* gestellt; ja, Leconte (Bull. Brookl. Ent. S. I. 1878. p. 64.) selbst gab eine Synoptic Table, in welcher *Callisthenes* schliesslich nicht einmal als Gruppe innerhalb der Gattung *Calosoma* festgehalten wird. Bei einem Vergleich aber der als *Carabus Zimmermanni* beschriebenen Form, die auch Walker (Lord's Naturalist in Vancouver Isl. II. 1866. p. 312; — Leconte Ann. Nat. Hist. (4). VI. 1870. p. 399.) als *Callisthenes pimelioides* beschrieben und welche Form jetzt als Varietät zu dem mir unbekannten *Calosoma*

luxatum gezogen wird, mit *Carabus nitens* z. B., ist ein Unterschied in der relativen Länge der vier ersten Fühlerglieder auch gar nicht mehr aufzufassen, wozu noch kommt, dass bei *Carabus nitens* das zweite Fühlerglied der ganzen Länge nach und das dritte und weniger deutlich auch das vierte an der basalen Hälfte gekielt sind. Bei einigen afrikanischen Gebirgsformen, von welchen ich leider nur *Calosoma Raffrayi* kenne, ist an den kurzen Fühlern das zweite Glied kaum kürzer als das vierte und gleichfalls $1^1/_2$ mal so lang als breit, und da auch Gerstaecker (Linn. Ent. XII. 1858. p. 420.) die Verkürzung des zweiten Fühlergliedes als wesentlichstes Kennzeichen der Gattung *Calosoma* gegenüber *Carabus* ansehen zu müssen glaubte, so ist es verständlich, warum zwei afrikanische *Calosomen* von Gerstaecker als *Caraben* beschrieben worden sind. Ueber *Calosoma Deckeni*, welche Art Gerstaecker (Wiegm. Arch. XXXIII. 1. 1867. p. 10. 2. — Decken's Reise III. 2. 1873. p. 56. 4. taf. IV. f. 2.) als *Carabus Deckeni* beschrieben und abgebildet, hat bereits Ch. Waterhouse (Proc. Zool. S. Lond. 1885. p. 231.), nach Untersuchung einiger gleichfalls auf dem Kilima-Ndscharo gesammelter Exemplare, Gerstaecker's Ansicht berichtigt; *Carabus brachycerus*, welchen Gerstaecker (Jahrb. d. wiss. Anst. zu Hamburg. 1884. p. 43. 1.) leider nur ganz kurz diagnosticirt und ihm sicher mit Unrecht das Scutellum abspricht, ist unzweifelhaft gleichfalls eine Art, welche ebenso wenig zur Gattung *Carabus* gehört. Merkwürdigerweise hat Gerstaecker von beiden Arten nichts über die dorsale Zuschärfung der basalen Fühlerglieder erwähnt; aber Waterhouse gibt das dritte Fühlerglied bei *Calosoma Deckeni* als deutlich gekielt an und werden sich die basalen Fühlerglieder wahrscheinlich auch bei *Calosoma brachycerum* als gekielt erweisen. Es gibt aber auch *Calosomen* mit ungekielten basalen Fühlergliedern, wenigstens bezeichnet Géhin (Cat. d. Carabid. 1885. p. XXXIII.) bei dem mir unbekannten *Calosoma blapoides* die basalen Fühlerglieder als nicht gekielt, während Géhin (Ann. S. Ent. Fr. 1881. p. CXXXIII.) selbst diese Glieder früher anders beschrieben: «Le deuxième article des antennes n'est pas du tout comprimé; le troisième ne l'est que très faiblement au côté interne; le dessus porte des traces d'une carène longitudinale mousse, dans le mâle comme dans la femelle». Welche geringe Bedeutung die dorsale Zuschärfung der basalen Fühlerglieder überhaupt hat, das zeigen am klarsten die Arten der sonst so überaus homogenen Gattung *Ceroglossus*, worauf ich (Käferf. v. Jeso p. 18.) schon früher hingewiesen und worüber ich (Bull. de l'Acad. d. sc. d. St. Pétersb. XXX. Februar 1886. p. 383—445.) vor Kurzem vollständigere Daten geben konnte.

Für *Procerus* weiss Thomson auch nichts Anderes anzugeben, als was ich (Käferf. v. Jeso p. 19.) schon vor Jahren angegeben, trotzdem dass Thomson die Furche an der Aussen- oder Dorsalseite der Vorderschienen in seiner ausführlichen Erläuterung der zu einer Gruppirung der *Carabinen* zu verwendenden Merkmale nicht einmal erwähnen zu müssen glaubt. Dabei darf man nicht ausser Acht lassen, dass Thomson, was auch ich (Käfer. v. Jeso p. 19.) schon vor Jahren als einzig richtig annehmen musste, *Damaster* zur Gattung *Carabus* zieht, demnach also die bei *Procerus* in beiden Geschlechtern einfachen

Vorderfüsse, auf welche hin Dejean (Spec. II. 1826. p. 22.) die von Megerle in Vorschlag gebrachte Gattung anerkennen zu müssen glaubte, gleichfalls als ein Merkmal von ganz untergeordneter Bedeutung hinstellt. Denn Dejean, dem damals alle *Caraben* mit stark beilförmigem Endgliede der Taster unbekannt waren, sogar der prächtige *Carabus* (*Coptolabrus*) *smaragdinus*, den Dejean (l. c. p. 487. 128.) erst in den Nachträgen nach weiblichen Exemplaren beschreibt, führt sonst nur noch die stark beilförmigen Endglieder der Taster als ferneres Merkmal der Gattung *Procerus* an. Dejean, der in damaliger Zeit in Bezug auf generische Merkmale verhältnissmässig nur wenige Formen untersuchen konnte, hielt eine Abweichung in der Bildung der vorderen Füsse der männlichen *Carabiciden* in jedem Falle für einen hinreichenden Grund, um darauf hin Gattungen anzunehmen; nach der Erkenntniss, dass alle für *Procerus* angegebenen Merkmale sich auch bei Arten finden, welche Thomson selbst als zur Gattung *Carabus* gehörig hinstellt, kann ich nur annehmen, dass in diesem Falle einzig und allein die einmal eingebürgerte Gewohnheit der Grund war, weshalb Thomson die Gattung *Procerus* nicht mit *Carabus* vereinigt.

Wenn Thomson (l. c. p. 633.) *Procerus* immerhin bezeichnet als «står mycket *Carabus*», so sieht er *Procrustes* für um so verschiedener an, als unzweifelhaft berechtigte Gattung. Es ist dies um so auffallender, als Thomson die usuell angenommenen, von der Oberlippe und dem Kinnzahn entlehnten, sog. Gattungsmerkmale der *Procrustes*, mit vollem Recht, als bedeutungslos ansieht. Wenn Thomson aber *Procrustes* der Gattung *Carabus* gegenüber festhalten zu können glaubt durch «Mandibularum dentes basales inaequales, laevae valido bifido, dextrae fere simplice (vel fastigio basali bresissimo fere nullo l. c. p. 633.)», was Thomson (l. c. p. 618.) in dem Conspectus generum nicht nur als Hauptmerkmal für *Procrustes* hinstellt, sondern auch für eine Sonderung der *Procrustes* «från alla öfriga» (l. c. p. 634.) *Carabinen* als wichtigstes Merkmal besonders hervorhebt, so erweist sich dieses, von Thomson als wichtig angesehene Kennzeichen erst recht als bedeutungslos. Schon Schaum (Ins. Deutschl. I. 1856. p. 175.) sagt ausdrücklich: «Weder Oberkiefer, noch Unterkiefer weichen von denen der Gattung *Carabus* ab», beschreibt aber die Oberkiefer genau so wie Thomson, meint also offenbar nur, dass die innere Lade (Thomson's dens basalis) der rechten Mandibel bei manchen *Carabus*-Formen gerade ebenso beschaffen ist wie bei manchen *Procrustes*-Arten oder — noch abweichender von dem gewöhnlichen Typus. Hätte Thomson sich nicht darauf beschränkt, einen einzigen *Carabus* (*Procrustes*) *coriaceus* zu untersuchen, so hätte er sich bei dieser Art und anderen *Procrustes* leicht davon überzeugen können, dass die innere Lade der rechten Mandibel sehr variabel ist; ja, bei *Carabus* (*Procrustes*) *asperatus* ist sie deutlich zweizähnig und der basale Zahn der inneren Lade ist überdies meistens so stark entwickelt, dass der Unterschied zwischen der Bezahnung der inneren Lade beider Mandibeln kaum noch auffällt, jedenfalls nicht mehr, als bei sehr vielen, von Thomson selbst zur Gattung *Carabus* verwiesenen Arten[1]).

1) Für die von Mulsant (Opusc. entom. II. 1853. p. 124.). *Procrustes asperatus* genannte Art schlage ich den Namen *Carabus* (*Procrustes*) *Mulsantianus* vor wegen Collision mit *Carabus* (*Cathoplius*) *asperatus* Dej. Diese

Wie aus dem vorstehend in aller Kürze Dargelegten ersichtlich, ist kein hinreichender Grund vorhanden, *Cathoplius*, *Procerus* und *Procrustes* von *Carabus*, in dem Umfange, welchen letztere Gattung bei Thomson hat, als generisch verschieden anzusehen und hätten die genannten drei angeblich berechtigten Gattungen von Thomson consequenterweise auch nur als Untergattungen von *Carabus* aufgeführt werden müssen. *Haplothorax Burchelli* dagegen, welchen ich erst jetzt kennen gelernt und über welche eigenthümliche Form schon vielfache Angaben vorliegen, muss jedenfalls als Typus einer besonderen Gattung angesehen werden, deren von Chaudoir (Bull. de Mosc. 1861. 1. p. 503.) hervorgehobene «grande affinité» mit *Calosoma* keineswegs eine so grosse ist, wenn auch in gewissen, bei Arten der

---

Art würde, nach der Characteristik, welche Thomson von seiner Untergattung *Chaetomelas* gibt, gleichfalls zu dieser Untergattung gehören. Thomson hat aber als *Chaetomelas* offenbar zwei, zu verschiedenen Gruppen gehörige Arten zusammengefasst, von welchen die als *Procrustes aspericollis* (!) erwähnte Art, wegen des angegebenen Mangels sämmtlicher Ventralborsten sicher der allgemein bekannte *Carabus* (*Procrustes*) *impressus* ist. Diese Art kann aber von der *Procrustes*-Gruppe nicht wohl getrennt werden, während der als Typus der Untergattung *Chaetomelas* aufgeführte *Carabus Ehrenbergi*, nach Thomson's Angaben, keineswegs diese, sondern eine mir leider unbekannte, wahrscheinlich mit Laporte's *Procrustes punctatus* identische Art ist. In Syrien kommen, wie es scheint, vier einander sehr ähnliche und daher oft mit einander verwechselte Arten vor:

1. *Carabus* (*Chaetomelas*) *punctatus*. (*Procrustes punctatus* Lap. Etud. entom. 1834. pag. 89. — *Carabus Ehrenbergi* var. e Djebel-ech-Cheik La Brûl. Ann. S. Entom. Fr. 1875. p. 117. — *Procrustes* (*Chaetomelas*) *Ehrenbergi* Thoms. Opusc. entom. VII. 1875. p. 635. — *Chaetomelas Ehrenbergi var. Labruleriei* Géhin Ann. S. Entom. Fr. 1883. p. CXIII. — Catalog. des Carab. 1885. p. 5.). Nach La Brûlerie grösser, breiter und convexer als die folgende Art und durch sehr feine Punktirung der Flügeldecken verschieden, auf welchen die gereihten Punkte die Streifen kaum andeuten, deren Zwischenräume daher auch nicht gewölbt sind. Der Kopf eben so schmal. Nach Thomson's Angaben ist diese Art von der folgenden verschieden durch breiten Kinnzahn, tief und breit gefurchte Hinterschenkel und die breite und rauhe Dorsalfurche der Hinterschienen.

2. *Carabus* (*Chaetomelas*) *praestigiator*. (*Carabus Ehrenbergi* La Brûl. Ann. S. Entom. Fr. 1875. p. 115.). Diese Art betrachtet La Brûlerie als den typischen *C. Ehrenbergi*. Die Flügeldecken sind deutlich vertieft gestreift, in den Streifen grob punktirt, die Zwischenräume der Streifen deutlich gewölbt. Der Kinnzahn ist schmal, die Hinterschenkel schlank, an ihrer unteren Seite abgeflacht, die Rückenfurche der Hinterschienen variabel, schmal oder breit und rauh.

3. *Carabus* (*Pseudoprocrustes*) *Durvillei*. *Procrustes Durvillei* Barthélemy Ann. S. Entom. Fr. 1838. p. V. — *Procrustes Duponcheli* Barthélemy Ann. S. Entom. Fr. 1837. p. 245. pl. 8. f. 13.) Zu dieser Art, von welcher manche Individuen schmal und abgeflacht sind, gehören vielleicht die von La Brûlerie (Ann. S. Entom. Fr. 1875. p. 116.). erwähnten Exemplare vom Sannin-Berge, welchen Géhin (Ann. S. Entom. Fr. 1883. p. CXIII. — Catalog. des Carab. 1885. p. 5.) den Namen *Chaetomelas Ehrenbergi var. Piochardi* beigelegt.

4. *Carabus* (*Pseudoprocrustes*) *Ehrenbergi*. (*Carabus Ehrenbergi* Klug Symbol. phys. Ins. III. 1832. t. 23. f. 7. — *Carabus Saulcyi* La Brûl. Ann. S. Entom. Fr. 1875. p. 118. — *Procrustes incertus* Haury Le Naturaliste VII. 1885. p. 30. — Wien. Ent. Z. 1885. p. 109. — Catalog. des Carab. 1885. pl. II. f. 3. ♀. — *Carabus Ehrenbergi var. judaicus* Géhin Catalog. des Carab. 1885. p. 5.).

Bei dieser Art ist die Oberlippe bald ausgerandet, bald aber auch dreilappig, bei *C.* (*Pseudoprocrustes*) *Durvillei*, wie es scheint, immer dreilappig, bei dem gleichfalls zur *Pseudoprocrustes*-Gruppe gehörigen *Carabus Hemprichi* gewöhnlich zweilappig. Der Kinnzahn ist bei *C. Durvillei* an der Spitze ausgerandet, bei *C. Ehrenbergi* nach vorn verschmälert und der Länge nach mit einer Furche versehen, bei *C. Hemprichi* gewöhnlich der Länge nach gewulstet. Bei den genannten drei im Uebrigen mit der *Procrustes*-Gruppe übereinstimmenden Arten sind an der inneren Lade der Mandibeln die Zähne gleich lang und die Querfurchen des vierten bis sechsten Abdominalsegments gehen in die längs dem Seitenrande verlaufende Furche über, während sie bei den *Procrustes*- und *Chaetomelas*-Arten auf dem vierten und fünften Abdominalsegment seitlich abgekürzt sind. Ich glaube daher, mit Recht annehmen zu dürfen, dass die *Pseudoprocrustes*-Gruppe nicht nur eine natürliche, sondern auch eine berechtigte Gruppe ist. Thomson (l. c. p. 672.) verbindet den *C. Hemprichi* mit *C. prasinus* und *Bonplandi* zu einer Untergattung, welche Zusammenstellung aber durchaus unnatürlich ist.

letztgenannten Gattung allerdings vorhandenen Merkmalen, z. B. der Verkürzung des zweiten Fühlergliedes und der «vogelkopfartigen» inneren Lade der Unterkiefer, *Haplothorax* mit diesen *Calosomen* übereinstimmt; — aber dieses sind schliesslich doch nur Merkmale, welche keineswegs allen *Calosomen* zukommen, wie ich (Käferf. v. Jeso p. 16.) schon früher einmal nachgewiesen. Auch *Ceroglossus*, welche Gattung weder mit *Carabus*, noch auch mit *Calosoma* verbunden werden kann und durch viele, nur bei *Calosomen* auftretende Merkmale sich dieser Gattung näher verwandt erweist, muss als selbstständige Gattung festgehalten werden. So leicht aber die Characteristik der Gattungen *Haplothorax* und *Ceroglossus* erscheint, so schwierig erweist sich eine solche für die Gattungen *Calosoma* und *Carabus*, was sich ja schon ergibt aus den vorstehend angeführten, verschiedenen Auffassungen über die Zugehörigkeit einzelner Formen zu einer dieser beiden Gattungen. Zu der Annahme von *Calosoma* als einer *Carabus* gleichwerthigen Gattung erweist sich aber der Umstand als zwingend, dass diese im Habitus so übereinstimmenden, über alle Welttheile ziemlich gleichmässig zerstreuten Formen ganz ähnliche Modificationen aufweisen, wie sie sich innerhalb der umfangreicheren Gattung *Carabus* wiederfinden: Die Mandibeln sind aussen im Ganzen gerundet und eher als kurz zu bezeichnen (*Calosoma externum*), meist aber lang vorgestreckt und zur Basis hin an der äusseren Seite so stark bogig gekrümmt, dass sie vor dem grossen, stark gerundeten, hinteren Gelenkhöcker in Form eines tiefen Winkels wie ausgeschnitten erscheinen, gleichsam eingeschnürt; oder sie sind aussen kaum als gerundet zu bezeichnen und nur mit einer flachen Ausbucht vor dem hinteren Gelenkhöcker versehen (*Calosoma striatulum*). Bei den Männchen der *Calosomen* sind die Vorderfüsse entweder einfach (*C. denticolle*), oder sie haben zwei, drei oder vier, mehr oder weniger erweiterte, an ihrer unteren Fläche mit einer Bürste versehene Glieder; Form und Sculpturunterschiede wiederholen sich in ähnlicher Weise wie bei den *Caraben;* es gibt auch hier geflügelte und ungeflügelte Arten und damit im Zusammenhange sind die Episternen der Hinterbrust lang oder stark verkürzt, und so sehr auch die extremen *Calosoma*-Arten von einander differiren, so zeigen sie doch unter einander eine derartige Uebereinstimmung, dass ihre systematische Zusammengehörigkeit nicht zweifelhaft sein kann. Und das spricht jedenfalls dafür, dass *Calosoma* ein durchaus natürliches Genus ist. «Les insectes», sagt schon Dejean (Spec. II. 1826. p. 190.), «qui le composent ont presque tous un facies particulier qui les fait aisément reconnaître; cependant leurs caractères génériques diffèrent bien peu de ceux des *Carabus*, et la plupart de ces caractères ne sont pas constants et manquent quelquefois dans quelques espèces». Und es erweisen sich in der That alle für *Calosoma* angegebenen Gattungsmerkmale keineswegs als solche, welche ohne Ausnahme allen *Calosomen* zugekommen. Die in unserem Museum, im Vergleich zu der Anzahl der beschriebenen Arten, leider nur sehr spärlich vertretenen *Calosomen* weichen indessen von allen übrigen *Carabinen* durch den Bau der Mandibeln wesentlich ab, indem die innere Lade sich vor der Mitte der Mandibel befindet, während sie bei den übrigen *Carabinen*, von der Basis weiter entfernt, in die Mitte gerückt erscheint.

Auf den Unterschied in der Lage der inneren Lade der Mandibeln bei den Gattungen *Carabus* und *Calosoma* scheint K. Letzner (Bresl. Ent. Z. 1849. Coleopt. p. 60.) zuerst aufmerksam geworden zu sein. Denn bei *Carabus* werden die Oberkiefer «in der Mitte des Innenrandes mit einem stumpfen Zahn bewaffnet» angegeben, bei *Calosoma* (l. c. p. 94.) dagegen «an der Basis mit einem Zahn versehen» bezeichnet. Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. 1856. p. 109.) beschreibt die Oberkiefer von *Calosoma* als «innen unbewaffnet, nur der rechte hat ganz am Grunde einen abgestutzten Vorsprung, welchem am linken ein kleiner, oft wenig bemerkbarer Zahn entspricht», welcher Vorsprung von Schaum (l. c. p. 118.) bei *Carabus* als «in der Mitte» der Mandibel befindlich angegeben wird. Aber in der Characteristik der beiden genannten Gattungen hebt Schaum unter den Gattungsmerkmalen nur die verschiedene Sculptur der Mandibeln als wesentlichen Unterschied hervor. Thomson ist der Unterschied in der Lage der inneren Lade der Mandibeln bei *Calosoma* nicht recht klar geworden. Er führt zwar an, dass *Calosoma* von *Carabus* unter Anderm abweiche (l. c. p. 631.) «genom mandiblernas basaltand, som ligger dold under labrum», in Wirklichkeit verhält sich aber die innere Lade der Oberkiefer zur Oberlippe bei beiden genannten Gattungen ganz gleich, welche Uebereinstimmung auch Thomson (l. c. p. 671.) selbst bei seiner Untergattung *Tribax*, die in dieser Hinsicht mit *Calosoma* als übereinstimmend besonders hervorgehoben wird, ausdrücklich constatirt.

Im Vorstehenden habe ich mehrfach den Ausdruck «innere Lade» des Oberkiefers gebraucht. Dies ist die einzige, morphologisch richtige Bezeichnung für die von Schaum bei *Calosoma* und *Carabus* als Vorsprung, von Thomson aber als Zahn oder Basalzahn der Mandibel, dens s. dens basalis (l. c. p. 730. Fig. 14. 15.) bezeichnete Kaulade der Oberkiefer, welche Thomson (l. c. p. 620.) übrigens ganz richtig beschreibt. «Dessutom löper den inre och öfre kanten öfver basaltanden ut i ett mer eller mindre skarpt tandformigt utsprång (processus)»: Die innere und obere Kante der Mandibel läuft über der inneren Lade (Thomson's Basalzahn) in einen mehr oder minder scharfen zahnförmigen Vorsprung (processus) aus. In der von Thomson (Ann. S. Ent. Belg. 1875. p. CVIII—CXV.) selbst gegebenen französischen Uebersetzung der ausführlichen Erläuterung aller von Thomson für eine Gruppirung der *Caraben* als wichtig angesehenen Merkmale steht (l. c. p. CX.) dagegen: «le bord intérieur et supérieur de la dent basale se prolonge en une saillie plus ou moins pointue (processus)», was etwas ganz Anderes, vollständig Falsches ausdrückt, und haben die vielen Ungenauigkeiten, welche in dieser französischen Uebersetzung vorkommen, schon vielfach zu Missverständnissen Anlass gegeben. Aber in diesem allgemeinen Theil von Thomson's Arbeit sind auch viele durchaus falsche oder ungenaue Angaben enthalten, welche alle einzeln hier aufzuzählen, zu weit führen würde, zumal da die vielen falschen Bestimmungen eine solche Controle von Thomson's Arbeit überaus zeitraubend machen. Wenn z. B. Thomson (l. c. p. 619.) behauptet, dass bei *Carabus hungaricus* die Stirnfurchen fehlen, so bezieht sich diese Angabe auf *C. mingens*, welchen Thomson für *C. hungaricus* angesehen. Erwähnen will ich nur, dass die im Allgemeinen von den *Carabinen* gemachte Angabe Thom-

son's (Ann. S. E. Belg. 1875. p. CX.) «Le menton ne porte pas ces deux points pilifères que l'on remarque ordinairement chez les Carabiques», sehr eigen berührt, wenn von den vier von Thomson für Schweden angeführten *Calosomen*, *C. inquisitor* und *C. sericeum* diese Borsten doch haben, wie noch sehr viele andere *Calosomen*, und Thomson (l. c. p. 627.) für die Gattung *Ceroglossus* ganz richtig das Kinn «basi bisetosa» angibt. Der Wirklichkeit nicht ganz entsprechend ist aber auch die Zusammenstellung der Taster von *Cychrus* und *Carabus cyaneus*, deren Palparium dargestellt wird als «ayant au côté dorsal un enfoncement longitudinal». Weder bei *Cychrus* noch bei *Carabus* ist ein Dorsaleindruck am Palparium vorhanden. Bei den *Cychrus*-Arten ist dagegen das ganze Palparium vorn concav oder, wie Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. 1856. p. 180.) sich ausdrückt, oben löffelförmig ausgehöhlt, bei *Carabus cyaneus* dagegen nur in der Nähe des Aussen- oder Dorsalrandes mit einem schmalen Längseindruck versehen, und erklärt es sich so, warum die von Latreille, Dejean, Lacordaire und in neuester Zeit auch von Horn bei den *Cychrus* besonders hervorgehobene, von derjenigen der *Carabinen* als ganz abweichend hingestellte, aussergewöhnliche, «concave» und «en forme de cuiller» bezeichnete Bildung der Endglieder der Taster Thomson als von ganz untergeordneter Bedeutung ansehen und daher bei *Cychrus* überhaupt gar nicht erwähnen zu müssen glaubt.

Was die von Thomson innerhalb seiner Gattung *Carabus* unterschiedenen und benannten Untergattungen anbetrifft, so führen leider einige dieser Untergattungen Namen, welche wegen Collision mit anderweitig gebrauchten nicht beibehalten werden können, worauf schon mehrfach hingewiesen worden ist. Ein paar der von Thomson unrichtig gebrauchten Namen sind aber noch nicht zur Sprache gebracht worden. Den Namen *Plectes* hat Fischer (Entomogr. Ross. II. 1823. p. 52.) von πλήκτης, percussor, pugnax, abgeleitet, «pour désigner les mandibules longs», und für eine auf *Carabus Creutzeri*, *Fabricii*, *Puschkini*, *nothus*, *osseticus*, und *ibericus* aufgestellte Gattung gebraucht, welche er auch wegen des abgeflachten Körpers von der Gattung *Carabus* abtrennen zu müssen glaubte, wobei Fischer bemerkt: «Le Carabe de Drescher que j'ai faussement rapporté à ce genre dans l'Entomographie Vol. I. p. 19. n. 4. Tab. III. fig. 4. est un vrai *Pterostichus* à cause de la forme de son corselet et de l'échancrure des jambes de devant». Weil nun Fischer irrigerweise anfänglich auch einen *Pterostichus* zu *Plectes* gezogen, hat in neuester Zeit Reitter (Wien. Ent. Z. 1885. p. 27.) den Namen *Plectes* durch *Neoplectes* ersetzt, in der Meinung, Fischer habe seine Gattung *Plectes* zuerst auf seinen *Harpalus Drescheri* aufgestellt und erst später, als er erkannt, dass *Harpalus Drescheri* ein *Pterostichus* sei, den Namen *Plectes* auf eine von ihm neu aufgestellte *Caraben*-Gattung übertragen. Das ist aber keineswegs der Fall, da Fischer (Entomogr. Ross. I. 1820. p. 15. 2.) bei ausführlicher Beschreibung des *Carabus Puschkini* den genannten *Pterostichus Drescheri* nur beiläufig mit anführt: «Le Carabe de Pouschkine a le port et la grandeur du Carabe de Creutzer. Il offre avec celui-ci comme l'irregulier de Fabr.[1]), l'osse-

1) Fischer hat unzweifelhaft den *C. Fabricii* anfänglich für *C. irregularis* gehalten. So erklärt es sich, dass Fischer (Entomogr. Ross. II. 1823. p. 50. t. 30. f. 3.) letztere Art als *C. regularis* beschrieben und abgebildet, was Schaum (Berl. Entom. Z. 1861. p. 200. 6.) übrigens schon erwähnt.

tique et le nothe d'Adams, le Carabe de Drescher de cette planche № 5 les caractères d'un nouveau genre, que nous développerons sous le nom de *Plectes*». Bei diesem späteren Developpement überzeugt sich Fischer (Entomgr. Ross. II. 1823. p. 51.), wie schon erwähnt, dass die von ihm anfangs als *Harpalus Drescheri* (Mém. d. Mosc. V. 1817. p. 463. t. XIV. fig. 6. 7.), später als *Carabus Drescheri* (Entomogr. Ross. I. 1820. p. 19. 4. t. III. fig. 4.) beschriebene und abgebildete Art ein *Pterostichus* sei; kann dies als genügender Grund angesehen werden, den Namen *Plectes* durch *Neoplectes* zu ersetzen? Eher hätte darauf hingewiesen werden können, dass Fischer (Mém. d. Mosc. V. 1817. t. XIV. fig. 1—3.) bereits selbst den ebendaselbst von Adams (p. 292. 13.) beschriebenen *Carabus Puschkini* nicht als zur Gattung *Carabus* gehörig, unter dem Namen *Harpalus Adamsi* abgebildet und denselben (l. c. p. 463.) bereits zum Typus einer neuen Gattung *Tribax* erhoben habe: «Vero enim nec *Harpalus*, nec *Carabus* est, sed animal sui generis, quod cum *ossetico* et *notho* conjunctum, vices suas in systemate aget nomine *Tribacis*, propter formam eorum depressam sive plagioplatheam». Ganz zuletzt zieht aber Fischer (Entomogr. Ross. III. 1825—28. p. 154.) die von ihm früher als generisch verschieden angesehenen *C. Creutzeri*, *Fabricii*, *deplanatus* (*nothus*), *osseticus* und *Puschkini* mit einigen andern Arten als Divisio XVII doch wieder zur Gattung *Carabus* und erwähnt hier, dass «*Carabus ibericus*, elytris postice oblique truncatis, genus *Plectis* format». In der so von Fischer selbst enger begrenzten Gattung *Plectes* wird dann schliesslich von Fischer (l. c. p. 230.) *Carabus ibericus* aufgeführt als einzige Art der Gattung *Plectes*, welche angebliche Gattung Fischer in diesem Umfange für wohl begründet ansah, da er der Meinung war, dass das Kinn zweizähnig sei. Fischer hat aber wahrscheinlich die bei seinem Exemplar an das Kinn dicht angepressten Basalglieder der Lippentaster als zum Kinn gehörig angesehen. Thomson (l. c. p. 659.) führt die Fischer'sche *Plectes*-Art, den *Carabus ibericus* nämlich, überhaupt nicht auf, dagegen nur solche Arten, welche nach Fischer's letzter Entscheidung gar nicht zu *Plectes* gehören, und für welche Motschulsky (Käfer Russl. 1850. p. 74.) den ursprünglich von Fischer (Mém. d. Mosc. V. 1817. p. 463) vorgeschlagenen Namen in der von Fischer, conform zum lateinischen Text, gebrauchten Genitivform «*Tribacis*» anwendet, wobei als Synonym Kolenati's Gattung *Platychrus* citirt wird.

Kolenati (Meletem. entom. I. 1845. p. 25.) nämlich, welcher flache *Caraben* vom Kasbek und vom Ssarijal bei Elisabethpol hatte, glaubte in diesen die von Adams als *Carabus Puschkini* beschriebene Art zu erkennen, und hebt Kolenati überdies hervor: «Adamsio jam novum genus constituere videbatur. Clarissimus Fischer de Waldheim ob formam peculiarem *Carabum* huncce alio generi adjunxit, cui nomen *Tribax* tribuit. Attamen propter formam potius depressam sive plagioplateam nomen minus quadrat. Hinc *Platychrum* nominare ausus sum». Hiernach kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass Fischer's in Vorschlag gebrachte, von ihm selbst später unberücksichtigt gebliebene Gattung *Tribax*, deren Arten schliesslich Fischer wieder zur Gattung *Carabus* gezogen, durchaus identisch ist mit Kolenati's Gattung *Platychrus*, und war daher die von Kolenati vorgenommene Aende-

rung des ihm bekannten Fischer'schen Namens *Tribax* in *Platychrus* überhaupt ganz unnütz. Denn der Gattungsname *Tribax*, der von Fischer, wie erwähnt, anfänglich für *Carabus Puschkini*, *osseticus* und *nothus* in Vorschlag gebracht worden, kann doch nur für die genannten kaukasischen Arten Anwendung finden, ebenso wie Kolenati's Name *Platychrus*, was aus Kolenati's Characteristik dieser angeblichen Gattung überdies deutlich hervorgeht, insbesondere aus der Angabe: «Tarsi antici maris articulis tribus primis dilatatis, subtus spongiosis», welche Angabe, bei den flachen *Caraben*, nur auf kaukasische Arten zutrifft, wenn auch nicht auf alle. Thomson (l. c. p. 651.) führt dagegen als Typus von Kolenati's Gattung *Platychrus* den *Carabus irregularis* an, dessen Männchen vier, mit einer schwammigen Sohle versehene Glieder an den Vorderfüssen hat und auf welchen auch Kolenati's Angabe «mandibulae longitudine capitis cum collo, acutissimae» ganz und gar nicht zutrifft. Kolenati (l. c. p. 26.) hat den *Carabus irregularis* auch nicht einmal in die Liste der von ihm als zu *Platychrus* gehörig angesehenen, übrigens nicht weiter untersuchten Arten aufgenommen. Thomson's Untergattung *Platychrus* führt daher durchaus mit Unrecht diesen Namen und muss einen andern Namen erhalten, etwa *Pseudocechenus*, da der *Carabus irregularis* die einzige Art ist, welche Solier (Stud. Entom. 1848. p. 55 et 56.) als *Cechenus* aufführt, während der von Solier (l. c. p. 58.) als *Iniopachus* abgetrennte *Carabus pyrenaeus* von Thomson (l. c. p. 653.), wie ich glaube, mit Unrecht zu Fischer's Gattung *Cechenus*[1]) gezogen wird. Thomson's Untergattung *Tribax* dagegen, da sie nichts mit Fischer's Gattung *Tribax* gemein hat, kann den Thomson'schen Namen nicht wohl behalten; den Namen *Tribax* dieser Untergattung zu lassen, statt *Tribax* Thomson aber *Tribax* Fischer zu setzen, wie Harold (Berl. Ent. Z. 1884. p. 121.) es für richtig hält, wäre, wie aus vorstehender Erörterung hervorgeht, durchaus falsch.

Ich glaubte dies vorausschicken zu müssen, ehe ich auf eine Besprechung der wesentlichsten Merkmale eingehe, die von Thomson zu einer Gruppirung und Characteristik der von ihm angenommenen Untergattungen benutzt worden sind. Es lässt sich natürlich darüber streiten, ob Untergattungen überhaupt Berechtigung haben, und es scheint nicht Jeder die Ansicht zu theilen, dass durch den Versuch einer Aufstellung von Gruppen oder Untergattungen, selbst wenn einzelne dieser sich späterhin als haltlos erweisen sollten, die Erkenntniss der Arten einer formenreichen Gattung wesentlich gefördert werde. Um nicht missverstanden zu werden, erkläre ich von vorn herein, dass auch ich der Ansicht durchaus

---

1) Im Index universalis von Agassiz's Nomenclator p. 69 ist bei *Cechenus* angegeben «Illig. (Rossi) *Hym.* 1807». Illiger hat in der That unter dem Namen *Cechenus* eine *Hymenopteren*-Gattung unterschieden, aber nirgends bekannt gemacht. Von dieser Gattung führt Illiger (Editio Faunae Etrusc. 1807. p. 54.) nur an: «*Cecheni* genus notr. a cel. Latreille sub *Alysiae* nomine itidem separatum», publicirt also den Namen *Cechenus* als Synonym von *Alysia*, unter welchem Namen Latreille drei Jahre vorher eine *Braconiden*-Gattung bekannt gemacht. Meiner Ansicht nach hat der Name *Cechenus*, so wie ihn Illiger bekannt macht, genau eben so viel Recht auf Berücksichtigung wie *Anodontogenys* Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1878. p. 151. Anm. 1.). Oder soll jeder, von vornherein als Synonym publicirte Name in den Catalogen endlos fortgeschleppt werden und falls ein solcher Name anderweitig gebraucht werden sollte, zu Namenänderungen Berechtigung geben?

beipflichte, dass sich Thomson durch die in Vorschlag gebrachten und auch characterisirten Untergattungen ein wirkliches Verdienst um die Erkenntniss der Verwandtschaftsverhältnisse der *Caraben* erworben. Aber hervorheben muss ich es, dass Thomson nur die *Caraben*, denen er lange Mandibeln zuschreibt, in Untergattungen zerlegt, während die *Caraben* mit kurzen Mandibeln bei Thomson in toto die Untergattung *Carabus* bilden. Nicht unerwähnt darf ich es ferner lassen, dass Thomson z. B. die An- oder Abwesenheit der Gularborsten benutzt zur Scheidung seiner Untergattungen *Tribax* und *Melancarabus*, aber als unwesentlich ansieht bei den als *Macrothorax* und *Chrysocarabus* zusammengefassten Arten. Auch die Anzahl der Labialborsten, ob nur zwei oder viele, auf welche hin so manche Scheidungen von Untergattungen gemacht worden, werden von Thomson bei den als *Plectes* vereinigten Arten als unwesentlich hingestellt u. s. w. Dadurch erscheinen aber die zur Gruppirung und Characteristik der Untergattungen benutzten Merkmale keineswegs von absoluter Bedeutung und hätte die Berücksichtigung dieses Umstandes, meiner Ansicht nach, einen Jeden davon abhalten müssen, die von Thomson angenommenen Gruppen ohne Weiteres als Gattungen anzuerkennen, wie es in Deutschland ziemlich allgemein geschehen, und zwar, was nicht genug hervorgehoben werden kann, gegen Thomson's eigenes Urtheil, ohne dass auch nur eine Nachprüfung über die etwaige Constanz der zu einer Gruppirung benutzten Merkmale für nothwendig erachtet worden wäre. Aber da die sogenannten Gattungen Abstractionen sind, indem wir als Gattungen nach gewissen, uns wichtig scheinenden Merkmalen einige Arten zusammenfassen, um sie andern gegenüber zu stellen, so wird der Umfang dieser Gattungen, je nach dem weiteren oder engeren Gesichtskreis der Autoren ein verschiedener sein, und das Einzige, was von Jedem verlangt werden muss, der neue Gattungen aufstellen zu müssen glaubt, ist erstens das Erforderniss, dass für die von ihm in Vorschlag gebrachten Gattungen die von ihm angeführten Merkmale auch wirklich allen in der betreffenden Gattung vereinigten Arten zukommen, dass letztere in dieser Hinsicht eine Einheit bilden; und zweitens, dass von umfangreichen Gattungen nicht einzelne, durch irgend welche, vielleicht doch nur specifische Eigenthümlichkeiten besonders auffällige Formen abgetrennt, die grössere, in ihren Gruppenmerkmalen schwieriger zu characterisirende Anzahl von Arten aber zurückbleibt als eine erst aufzulösende Mehrheit von in gleicher Weise berechtigten Gattungen, wie es die neu abgelöste ist. Es kann doch gewiss gar keinem Zweifel unterliegen, dass die *Caraben* mit kurzen Mandibeln oder Thomson's Untergattung *Carabus*, welche aus sehr vielen heterogenen Formen besteht, systematisch mindestens gleichwerthig ist allen andern von Thomson in der Gattung *Carabus* unterschiedenen und benannten Untergattungen zusammengenommen, und eben deshalb hat sie auch Thomson selbst nicht als Gattungen aufgeführt, sondern als Untergattungen. «In der Regel werden», so sagt wenigstens Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 270.), «bei besseren Autoren schliesslich Gattungen aus ihnen, wenn auch zuerst deren Gattungen von denjenigen am meisten bezweifelt werden, die am wenigsten von der Sache verstehen». Nach Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 268.) «muss man die systematische Fühlung ganz verloren haben», wenn man solche *Caraben*-Gruppen, wie *Coptolabrus*

und *Damaster*, nicht als Gattungen anerkennen mag, und hierbei beruft sich Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 269.) auf vox populi und auf den im Ganzen und speciell hinsichtlich der aufgeführten *Carabinen*-Gattungen völlig kritiklosen Catalogus Coleopterorum von Gemminger und Harold, freilich mit dem Zusatz, dass «in solchen Fällen ein Catalog ohne fachgemässe weitere Motivirung nicht die mindeste Autorität beanspruchen kann.

In dem Beitrage zur Käferfauna der Insel Jeso hatte ich den *Carabus rugipennis* zur *Coptolabrus*-Gruppe der Gattung *Carabus* gezogen. Der dagegen gerichtete Artikel von Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 267.) beginnt mit den Worten: «Es ist bisher das Bestreben einiger Entomologen gewesen, ihre Gelehrsamkeit dadurch zu documentiren, dass sie nachwiesen, wenn Irgend Jemand glaubte ein sog. constantes Merkmal gefunden zu haben, es bewähre sich nicht. Darin leisteten namentlich Schaum und Morawitz recht Bemerkenswerthes». Es kann mir nur schmeichelhaft sein, in einem Athem genannt zu werden mit einem so ausgezeichneten Entomologen, wie es Schaum, trotz vieler ihm nachgewiesener Irrthümer, dennoch immer gewesen. Oder sollen aufgefundene Uebereinstimmungen und Variationen wirklich verschwiegen werden, nur damit die sog. constanten Merkmale wenigstens auf dem Papier in voller Klarheit bestehen bleiben? Wenn Thomson, der, wie bereits erwähnt, *Coptolabrus* zur *Macrothorax*-Gruppe der Gattung *Carabus* zieht, *Damaster* aber, wenn auch nicht als von *Carabus* abzuzweigende Gattung, so doch als besondere Gruppe innerhalb der Gattung *Carabus* ansieht und in seinem System der *Caraben* durch viele ganz heterogene Formen von *Coptolabrus* trennt, mir den Vorwurf gemacht hätte, dass ich jede systematische Fühlung verloren, so würde ich dies von Thomson's Standpunkt aus verständlich finden, und es hätte sich nur darum gehandelt, wer die Verwandtschaftsbeziehungen richtiger aufgefasst. Daher erwartete ich, dass auch Kraatz *Damaster* und *Coptolabrus* für himmelweit verschiedene Gattungen ansehe, indessen ganz im Gegentheil: «Die Natur liefert uns in den Gattungen *Coptolabrus* und *Damaster* zwei Modificationen des *Caraben*-Typus, welche so weit vorgeschritten sind, dass sie sogar im Catalog Harold-Gemminger als eigene Gattung aufgestellt sind; die eine interessirt uns durch originelle Sculptur und prächtige Färbung, die andere durch bizarren Habitus verbunden mit düsterem Aussehen; Licht und Demantglanz spendende Arten auf der einen, Nachtgespenster auf der andern Seite! und doch sind beide unzweifelhaft systematisch zunächst mit einander verwandt, ja sogar in der Sculptur!» Dies sind Kraatz's (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 267.) eigene Worte! Ich betrachtete *Damaster* und *Coptolabrus* als zusammen und zur Gattung *Carabus* gehörig, — nach Kraatz sind beide unzweifelhaft systematisch zunächst mit einander verwandt, aber jede dieser Gruppen bildet für sich eine besondere Gattung, auf deren Unterschiede Kraatz es leider für unnöthig erachtet, specieller einzugehen. Wie kann aber Kraatz die Sculptur der *Coptolabrus* im Gegensatz zu *Damaster* originell nennen, wenn er selbst die Uebereinstimmung beider gerade in der Sculptur besonders hervorhebt? Sollte Kraatz ferner den düsteren *C.* (*Coptolabrus*) *Lafossei* nicht gekannt haben? Auch nicht den *C.* (*Damaster*) *rugipennis*, welcher, jedenfalls weniger düster als die eben genannte *Copto-*

labrus-Art, an Kopf und Halsschild wenigstens das spendet, was Kraatz als Licht und Demantglanz bezeichnet? Hätte Kraatz, anstatt sich mit so allgemein gehaltenen Angaben zu begnügen, nur den Versuch gemacht, die generischen Unterschiede zwischen *Damaster* und *Coptolabrus* festzustellen, so wäre er wahrscheinlich auch zu dem Ergebniss gekommen, dass diese nahe verwandten Formen Eine natürliche Gruppe bilden. Will man aber diese, auch hinsichtlich ihres Verbreitungsbezirks innig zusammenhängende Gruppe durchaus auflösen, so dürfen nicht zwei, sondern drei einander gleichwerthige Gruppen, nach Kraatz's Auffassung — Gattungen, unterschieden werden: die eine neu zu benennende zur Aufnahme des *Carabus Schrencki* und der mit diesem übereinstimmenden Arten. Wenn Kraatz *Carabus rugipennis* einzig und allein und sonst kein einziger *Damaster* aus Autopsie bekannt gewesen wäre, wie es bei mir damals leider der Fall war, als ich den Beitrag zur Käferfauna der Insel Jeso veröffentlichte, so würde auch Kraatz der Meinung gewesen sein, dass *Damaster blapoides*, der ausser von Kollar, auch von Lacordaire als nächster Verwandter der Gattung *Cychrus* hingestellt worden, doch wohl etwas an sich haben müsse, was seine Stellung zu den *Cychriden* nicht ganz sinnlos erscheinen lassen durfte. Sagt doch Lacordaire (Genera des Coléopt. I. 1854. p. 61.) «La forme des palpes suffit pour distinguer ces insectes des *Carabides*», bei den *Carabides* bezeichnet Lacordaire (l. c. p. 48.) das Endglied der Palpen als «jamais excavé en dessus», zum Unterschiede von den *Cychriden*, deren Endglied der Palpen als «excavé en dessus» (l. c. p. 60.) angegeben wird. Ja, von *Damaster* selbst sagt Lacordaire (l. c. p. 61.) das Endglied der Palpen sei «en cuiller». Und da ich bei *Carabus rugipennis* von einer solchen löffelförmigen Bildung der Endglieder der Palpen gar nichts wahrnehmen konnte, sondern ihn in dieser Hinsicht mit den *Coptolabrus*-Arten übereinstimmend fand, in der Bildung der männlichen Vorderfüsse ferner Uebereinstimmung mit *C.* (*Coptolabrus*) *Lafossei*, so war ich vollständig berechtigt zu sagen, dass der *Carabus rugipennis* ein natürliches Zwischenglied ist zwischen *Damaster blapoides* und der *Coptolabrus*-Gruppe der Gattung *Carabus*. Ja, erwägt man, welche Bedeutung in damaliger Zeit ganz allgemein den an ihrer unteren Fläche befilzten Gliedern der Vorderfüsse der männlichen *Caraben* beigelegt wurde, welcher Streit zwischen Chaudoir und Schaum (Stett. Ent. Z. 1857. p. 81. 13; — p. 354. 13; — 1858. p. 73; — Berl. Ent. Z. 1858. p. 220. 3.) geführt worden über die drei oder vier erweiterten, mit einer Bürste versehenen Glieder der Vorderfüsse des Männchens von *Carabus Adonis* und die davon abhängig gemachte Stellung dieser Art im System der *Caraben* (ob bei *C. Strogonowi*, *caelatus* und *dalmatinus* oder bei *C. hispanus!*); erwägt man, dass selbst in einer Arbeit, wo nur wenige Arten aufgeführt worden, wie z. B. in Gerstaecker's Arbeit über die chilenischen *Caraben* (Linn. Ent. XII. 1858. p. 425.) die geringere oder stärkere Verbreiterung der Vorderfüsse der Männchen in erster Linie Berücksichtigung gefunden, so wird man es verständlich finden, dass ich, dem damals ungleich geringeres Material zu Gebote stand als Schaum, Chaudoir und Gerstaecker, die übereinstimmende Ansicht dieser Forscher für berechtigt halten musste und daher dem Bau der Vorderfüsse der männlichen *Caraben* in damaliger Zeit gleichfalls grosse

Bedeutung beilegen zu müssen mich gezwungen sah. Wenn mir *Damaster blapoides* damals bekannt gewesen wäre, so hätte ich wahrscheinlich auch diese Art als Glied der *Coptolabrus*-Gruppe bezeichnet, da ich der Meinung war, dass die mir unbekannte Solier'sche Arbeit früher erschienen sei als Kollar's Beschreibung von *Damaster blapoides*. Obgleich mir letztere Art unbekannt war, so habe ich die von Kollar errichtete Gattung *Damaster* dennoch mit *Carabus* vereinigt, weil alle von verschiedenen Seiten gemachten Angaben mir zu einer generischen Scheidung nicht ausreichend schienen. Denn «das Endglied der Taster hat hier einen Längseindruck, ist aber nicht ausgehöhlt», wie Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. 1856. p. 180.) richtig bemerkt, was aber sonst Niemand beachtet. Denn sonst hätten weder Chaudoir (Bull. d. Mosc. 1861. II. p. 356.) die von Schaum (Ann. S. Ent. Fr. 1862. p. 68. t. 2. f. 1.) als *D. Fortunei* beschriebene Art, noch auch Harold (Abhandl. d. naturw. Vereins zu Bremen. IV. 1875. p. 285. 2.) alle unterschiedenen *Damaster*-Arten für Varietäten einer und derselben Art erklärt! Nimmt man alle innerhalb der Gattung *Carabus* in neuerer Zeit unterschiedenen Gruppen resp. Untergattungen als durchaus berechtigte Gattungen an, wie es Kraatz gegenwärtig thut, so wird die Frage über die Berechtigung als Gattungen hinsichtlich der *Damaster*- und *Coptolabrus*-Gruppe vorläufig zu seinen Gunsten entschieden werden müssen, aber nur mit der Einschränkung, dass auch der *Carabus Schrencki* als Typus einer ferneren, genau eben so berechtigten Gruppe, nach Kraatz's Auffassung, Gattung, angenommen werden müsste[1]). Hervorheben muss ich es aber, dass in früherer Zeit das Verlangen nach

1) Die Characteristik dieser Gruppe, welche *Acoptolabrus* heissen mag, dürfte lauten:

Caput collo brevi, gula constricta.
Mandibularum mala interior lata, sinistrae brevis, dextrae dente basali brevissimo.
Palpi labiales articulo penultimo bisetoso.
Antennae longe ante oculos insertae, articulo primo secundo longiore, hoc quarto aequali.
Abdomen strigis ventralibus nullis.
Prosternum processu intercoxali planiusculo.
Coleoptera convexa, apice rotundata.

In diese Gruppe gehören:

1. *Carabus* (*Acoptolabrus*) *grandis* Lewis. (*Carabus Gehini* var. *grandis* Bates Tr. Entom. S. Lond. 1883. p. 230. pl. 13. f. 3. ♀.), welche Art im Habitus mit der folgenden sehr übereinstimmt.

2. *Carabus* (*Acoptolabrus*) *Schrencki*. (*Coptolabrus? Schrencki* Motsch. Schrenck's Reise II. 1860. p. 99. t. 7. f. 29. — *Coptolabrus Schrencki* Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1878. p. 252.)

3. *Carabus* (*Acoptolabrus*) *Lopatini:* Subtus obscure-coeruleus, antrorsum rubrocupreo-varius, supra capite pronotoque virescenti-cupreis, elytris nigris vel obscure-cupreis, basi margineque laete rubro-cupreis, foveis magnis septem-seriatis bene separatis foveisque umbilicalibus minus distinctis viridiaeneis; capite minus lato fronteque fere quadrata, prothorace longitudine vix latiore, ad apicem gradatim attenuato lateribusque postice subsinuatis. ♀. 34 mm.

Dem *C. Schrencki* sehr ähnlich, aber grösser. Der Kopf ist ziemlich gestreckt, die Stirn so lang als zwischen den nur flach gewölbten Augen breit, nach vorn kaum etwas verengt, von dem Scheitel durch eine flache, in der Mitte verschwindende Querfurche geschieden. Die Oberlippe ist gross, fast so breit als die Stirn. Das Halsschild ist fast so lang als breit, an den Seiten nur schwach gerundet, kurz vor der Mitte am breitesten, nach vorn allmählich verengt und vor der Spitze nicht eingeschnürt, der Vorderrandwulst schmal und flach, der Seitenrand vor den abgerundeten, an ihrer Spitze nicht abschüssigen Hinterzipfeln mit sehr flacher Ausbucht und von dieser gerade nach hinten verlaufend. Die Oberfläche des Halsschildes ist sehr dicht unregelmässig querrunzelig und zwischen den Runzeln dicht punktirt, bis an den Vorderrand gleichmässig flach gewölbt, mit sehr feiner Mittellinie, vorn jederseits mit einem sehr flachen und unbestimmten Längseindruck, hinten jederseits vor der Ausbucht des Hinterrandes mit einem kleinen rundlichen, stark vertieften Grübchen, welches nach hinten in schräger Richtung in die Hinterzipfel sich verlängert, nach innen aber in einen schmalen, undeutlichen Quereindruck übergeht. Die Flügeldecken sind $1^2/_3$ mal länger als breit,

solchen subtilen, oft nur auf einzelne Haare aufgestellten, fast möchte ich sagen, an den Haaren herbeigezogenen Gattungen ein so geringes war, dass Kraatz in seinem Verzeichniss der Käfer Deutschlands noch im Jahre 1869 die sog. Gattung *Procrustes* selbst nicht anerkannt und sie mit *Carabus* vereinigte, ja, nicht einmal den Namen *Procrustes* zur Bezeichnung einer Untergattung innerhalb der Gattung *Carabus* anführen zu müssen für nöthig fand.

Wenn man sich derartigen Angriffen ausgesetzt sieht, wie ich sie vorstehend verzeichnet, so gehört gewiss einige Ueberwindung dazu, den Nachweis zu führen, dass sog. constante Merkmale, welche Thomson zur Gruppirung der *Caraben* gefunden zu haben glaubte,

---

elliptisch, stark gewölbt, mit sieben Reihen, von einander isolirter Gruben, von welchen diejenigen der zweiten, vierten und sechsten Reihe etwas grösser sind; einzelne Gruben der siebenten Reihe fliessen mit den etwas undeutlicheren Gruben der Umbilicalreihe zusammen.

Zwei Weibchen dieser, im Habitus an die Arten der *Damaster*-Gruppe etwas erinnernden Art brachte Herr J. Lopatin von der Westküste der Insel Ssachalin mit.

4. *Carabus* (*Acoptolabrus*) *Gehini* (*Carabus Gehini* Fairm. Pet. Nouv. entom. II. 1876. p. 37. — Haury Catalog. d. Carab. 1885. pl. X.) ist eine mir unbekannte, in der Sculptur der Flügeldecken dem *C. grandis* ähnliche, nach der citirten Abbildung aber sehr verschiedene Art, welche durch den Bau des Halsschildes gleichfalls an die Arten der *Damaster*-Gruppe erinnert.

Der mir unbekannte, von Lewis (Entomol. Monthl. Mag. XVII. 1881. p. 197.) beschriebene *Damaster capito* «elytris haud mucronatis», scheint durch die Bildung des Kopfes und das eben so breite wie lange Halsschild gleichfalls eine Art der *Acoptolabrus*-Gruppe zu sein, vielleicht aber auch eine Uebergangsform zwischen dieser und der *Damaster*-Gruppe. Von den Arten der letztgenannten Gruppe ist der von Kollar (Ann. d. Wien. Mus. I. 1836. p. 334. t. 31. f. 1.) beschriebene und abgebildete *Damaster blapoides* durchaus identisch mit dem von Rye (Entom. Monthl. Mag. IX. 1872. p. 131.) beschriebenen *Damaster Lewisi*, während die grösste, jetzt in den Sammlungen häufigere und in neuester Zeit von Haury (Catalog. d. Carab. 1885. pl. X.) kenntlich abgebildete Form, für welche ich den Namen *Carabus* (*Damaster*) *Goliath* vorschlage, ganz allgemein, indessen durchaus mit Unrecht mit Kollar's *Damaster blapoides* identificirt worden ist. Von den aus früherer Zeit bekannten *Coptolabrus*-Arten ist der von Tatum (Ann. Nat. Hist. XX. 1847. p. 15.) beschriebene *Carabus* (*Coptolabrus*) *monilifer* in neuester Zeit von R. Oberthür (Novitat. Coleopt. 1885. t. 1. f. 1.) als *Coptolabrus Jankowskii* abgebildet und unter letzterem Namen auch von Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1885. p. 309.) als neue Art beschrieben worden. Der von R. Oberthür (l. c. t. 1. f. 7.) abgebildete *Damaster Swinhoei* ist eine sehr merkwürdige Form, welche, wenn die Abbildung richtig ist, im Bau des Kopfes und Halsschildes, von den mir bekannten Arten, mit *C.* (*Coptolabrus*) *smaragdinus* am meisten übereinstimmt, und wird eine genaue Untersuchung dieser Art vielleicht den Beweis liefern, dass eine Trennung von *Coptolabrus*, *Acoptolabrus* und *Damaster* auch als Gruppen nicht durchführbar sein dürfte, so verschieden die extremen Formen auch sind.

Die nahe Verwandtschaft von *Coptolabrus* und *Damaster* scheint Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1883. p. 361.) übrigens in neuester Zeit nicht mehr gelten lassen zu wollen; nach Kraatz's neuester Ansicht sollen *Pantophyrtus*, *Damaster* und *Goniognathus* zunächst mit einander verwandt sein wegen der mit einem konischen Höcker versehenen Wangen des Kopfes. Abgesehen aber davon, dass *Pantophyrtus turcomannorum*, wie auch schon Heyden (Deutsch. Entom. Z. 1885. p. 276.) richtig bemerkt, in dieser Hinsicht variirt, hat Kraatz bei *Damaster* offenbar den vorstehenden, von Cardo und Stipes gebildeten, Winkel des Unterkiefers, bei Betrachtung des Kopfes von oben, als einen integrirenden Theil der Wangen angesehen, und auf diese ungenaue Beobachtung hin eine nahe Verwandtschaft zwischen *Pantophyrtus* und *Damaster* behauptet, die in Wirklichkeit gar nicht vorhanden ist. Die a. a. O. von Kraatz dagegen bestrittene nahe Verwandtschaft von *Damaster* mit den flachen, von Thomson als *Plectes* zusammengefassten Formen halte ich durchaus aufrecht. Die zuletzt erwähnten sog. flachen *Caraben* stimmen mit *Damaster* und den beiden nächstverwandten Gruppen darin überein, dass die Fühler weiter von den Augen eingelenkt sind als der Durchmesser der Fühlergrube beträgt, wodurch sich die genannten Formen von allen mir sonst bekannten *Caraben* wesentlich unterscheiden, und einen Anschluss der Gattung *Carabus* an die Gattung *Cychrus* vermitteln. Thomson's (l. c. p. 654.) Angabe, dass auch bei den Arten der *Chaetocarabus*- und *Megadontus*-Gruppe die Fühler «sat longe ante oculos insertae» seien, ist dagegen unrichtig.

sich doch nicht bewähren. Sagt doch Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 267. Anm. 1.) von *C.* (*Cathaicus*) *Brandti:* «Das wäre das scheinbar natürliche Bindeglied zwischen *Damaster* und *Coptolabrus* [1]), wenn er nicht ein zahnloses Kinn hätte!» Wenn nur sonst dies Bindeglied als solches annehmbar wäre. Es ist schon sehr oft hervorgehoben worden, dass unter den *Carabiciden* das zahnlose oder mit einem Zahn versehene Kinn von sehr geringer Bedeutung ist, so dass ich mich nur wundern kann, dass Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 153.) Solches unbekannt geblieben zu sein scheint. «In meiner ganz neuerlich erschienenen Bearbeitung der *Chlaenier*», sagt Chaudoir (Stett. Ent. Z. 1857. p. 80. 12.), «habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie wenig Gewicht man meistentheils auf die Bildung des Mittelzahns beim Kinn zu legen hat». In dem Beitrage zur Käferfauna der Insel Jeso hob ich es hervor, dass unter den *Badister*-Arten, denen im Allgemeinen der Kinnzahn abgesprochen wird, einzelne Arten (l. c. p. 37.) einen solchen dennoch haben, ohne darum generisch getrennt werden zu dürfen. Andrerseits wies ich darauf hin, dass unter den Arten der Gattung *Harpalus*, welcher ein Kinnzahn zugeschrieben wird, einzelne ein zahnloses Kinn haben, wie z. B. *Harpalus* (*Ophonus*) *azureus* (l. c. p. 75.), und ist diese Art unbeanstandet bei den übrigen *Ophonen* geblieben. Unter den *Amara*-Arten beschrieb ich eine zur *Bradytus*-Gruppe gehörige als *Amara simplicidens* (l. c. p. 60.), um schon durch den Namen auf den abweichend gebildeten, einfachen Kinnzahn aufmerksam zu machen, und es scheint, dass auch die später bekannt gewordenen Exemplare dieser Art durchaus übereinstimmend einen spitzen Kinnzahn haben u. s. w. Um es in möglichster Kürze zu sagen, *C.* (*Cathaicus*) *Brandti* erscheint, wenn auf die Wölbung des Körpers grosses Gewicht gelegt wird, von *Coptolabrus* + *Damaster* gerade so abweichend, wie der flache *C.* (*Iniopachus*) *pyrenaeus* von den gleichfalls flachen *Plectes* + *Tribax*. Ich kann Kraatz nur empfehlen, recht viele Exemplare des so häufigen *Carabus nemoralis* auf den Kinnzahn hin zu untersuchen. Unter diesen werden sich gewiss einige, namentlich männliche Exemplare finden, bei welchen der Kinnzahn entweder vollständig fehlt oder doch ganz rudimentär ist. Bei den männlichen Exemplaren des *C.* (*Cathaicus*) *Brandti* fehlt der Kinnzahn vielleicht ganz constant; bei dem einzigen weiblichen von mir untersuchten Exemplar dieser Art tritt aber das Kinn in der Mitte der Ausrandung in Form eines, eine scharfe Ecke bildenden, stumpfen Winkels vor. Der Kinnzahn erweist sich eben auch bei den *Caraben* von durchaus untergeordneter Bedeutung, in einzelnen Gruppen bei allen, bis jetzt bekannt gewordenen Arten ziemlich gleichartig gebildet, in andern z. B. der *Cratocephalus*-Gruppe, bei den einzelnen Arten sehr verschieden gestaltet, endlich aber auch variabel bei einer und derselben Art, wovon sich auch Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1879. p. 29. 2.) selbst an Exemplaren von *Carabus Bonplandi* überzeugt. Aber den Verschiedenheiten in der Grösse und Gestaltung des Kinnzahns wird auch von Thomson in

1) In dieser Anmerkung steht offenbar nur in Folge eines Schreib- oder Druckfehlers *Carabus* für *Coptolabrus*. Die Anmerkung hätte sonst gar keinen Sinn, da ja für Kraatz die Gattung *Carabus* in ihrem früheren Umfange bereits keine Existenzberechtigung hatte.

manchen Gruppen ein zu grosser systematischer Werth beigelegt, worauf hier näher einzugehen, nach dem vorstehend Angeführten, mir durchaus überflüssig scheint.

Was die abstehenden Haare oder Borsten anbetrifft, welche an den verschiedenen Körpertheilen der *Caraben* vorkommen, so hat bereits Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 263; p. 280.) auf den im Ganzen nur sehr geringen systematischen Werth der Borsten des Hinterleibs, der Hinterhüften und der Seiten des Halsschildes hingewiesen. Kraatz hat es auch bereits hervorgehoben, dass die Individuen einer und derselben Art in dieser Hinsicht variiren, so z. B. (l. c. p. 280.) *Carabus clathratus* hinsichtlich der Anzahl der Seitenborsten des Pronotum. Desgleichen erweisen sich die Gularborsten bei *Carabus mingens* und den nächstverwandten Arten als ganz unbeständig, oft auf beiden Seiten, oft aber auch nur auf einer Seite als fehlend und selbst von einem eingestochenen Punkt ist absolut nichts wahrnehmbar; bisweilen sind sie aber auch in doppelter Zahl vorhanden, so dass auch den Gularborsten nur ein sehr untergeordneter Werth beigelegt werden kann. Aber auch die Borsten des vorletzten Gliedes der Labialpalpen sind keineswegs so constant, wie Thomson und Kraatz es annehmen. Natürlich würden Exemplare von solchen Arten, welchen mehrere Labialborsten zugeschrieben werden, welche aber trotzdem nur einzelne aufweisen, als lädirte Exemplare zurückgewiesen werden, und, wie Kraatz schon hervorhebt, ist es bei mangelnder Borste oft keineswegs leicht, sich davon zu überzeugen, dass überhaupt keine dagewesen. Anders ist es aber, wenn bei solchen Arten, die gewöhnlich nur zwei Labialborsten haben, Exemplare mit mehreren vorkommen. In unserer, an Exemplaren Einer Art nicht übermässig reichen Sammlung habe ich, vielleicht nur aus diesem Grunde, im Ganzen nur wenige gefunden, welche in solcher Hinsicht abweichen: Ein Männchen des *Carabus Maillei*, welches am vorletzten Gliede der Labialtaster zwischen den gewöhnlich vorhandenen zwei Borsten noch eine dritte hat, welche nicht weniger stark als die beiden andern ist; dann aber ein Männchen des *Carabus auronitens* aus dem nördlichen Frankreich, welches ausser den beiden gewöhnlich vorhandenen Borsten am vorletzten Labialtastergliede dicht vor der Spitze noch ein kürzeres und feineres Börstchen hat, vor welchem am rechten Lippentaster, etwas hinter der Mitte des zweiten Gliedes, noch ein feines Börstchen sich befindet. Diese Börstchen stehen genau so wie bei Thomson's *Chaetocarabus*-Gruppe und zeigen, dass die Trennung von *Chaetocarabus* und *Chrysocarabus* durch so viele ganz heterogene Formen, wie es bei Thomson der Fall ist, als unnatürlich angesehen werden muss. Bei einem Männchen von *C.* (*Damaster*) *rugipennis* sind am vorletzten Gliede beider Lippentaster nur zwei Borsten vorhanden, bei einem andern am rechten Lippentaster gleichfalls zwei, am linken dagegen zwischen diesen mit einer dritten, gleichlangen Borste versehen, bei andern Exemplaren endlich vor der Spitze des vorletzten Labialtastergliedes mit einer vierten Borste. Ganz ähnliche Variationen weisen in dieser Hinsicht auch die mir vorliegenden Exemplare von *C.* (*Damaster*) *Goliath*, *blapoides* und *pandurus* auf, so dass geradezu gesagt werden muss, dass in der *Damaster*-Gruppe gleich oft zwei, drei oder vier Borsten am vorletzten Gliede der Lippentaster vorkommen und zwar an beiden Lippentastern häufig in verschiedener Anzahl. Bei

den *Caraben* mit kurzen Mandibeln oder Thomson's Untergattung *Carabus*, wo nach Thomson stets nur zwei Borsten an dem vorletzten Gliede der Labialtaster vorhanden sein sollen, kommt gleichfalls ausnahmsweise eine dritte vor, welche zwischen den gewöhnlich vorhandenen steht, so bei *Carabus tenuitarsis*, welchen Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1877. p. 79.) zunächst wohl nur aus diesem Grunde als Repräsentanten einer eigenen Gattung, *Ischnocarabus*, angesehen. Aber bei dem mir freundlichst mitgetheilten Männchen der genannten Art sind an dem linken Lippentaster nur zwei Borsten vorhanden, und es ist auf die Anwesenheit der dritten, äusserst zarten und kaum halb so langen Borste um so weniger Gewicht zu legen, als ich bei einem Männchen des *Carabus auratus* eine ganz ähnliche zarte Borste aufgefunden. Selbstverständlich sind die bis jetzt beobachteten wenigen *Caraben*, welche solche Adventivbörstchen an dem vorletzten Gliede der Lippentaster haben, noch kein Grund, um diesen Borsten jede systematische Bedeutung abzusprechen. Im Gegentheil, sie scheinen trotzdem zur Erkenntniss der natürlichen Gruppen der *Caraben* sehr wichtig zu sein, indessen muss, wie ich glaube, nicht die Anzahl dieser Borsten, ob zwei oder mehr, im Auge behalten werden, sondern die einreihige oder zweireihige Anordnung derselben. Aber der Umstand, dass unzweifelhaft nahe verwandte Gruppen unter den *Caraben*, wie z. B. die von Thomson sogar zu einer Untergattung vereinigten, flachen kaukasischen und europäischen *Caraben*, hinsichtlich der Anzahl und Anordnung der Borsten des vorletzten Labialtastergliedes von einander abweichen, spricht doch wohl dafür, dass auch die Labialborsten für die Gruppirung der *Caraben* nur einen untergeordneten, systematischen Werth haben.

Ein anderes zur Scheidung der Untergattungen von Thomson benutztes Merkmal ist von dem Intercoxalfortsatz des Prosternum entlehnt. Thomson (l. c. p. 639.) scheidet nämlich *Damaster* und *Plectes* von den übrigen Untergattungen durch «Prosternum processu brevi, apice deflexo». Diese Ausdrucksweise ist möglichst unglücklich gewählt, da sie die durchaus falsche Vorstellung erweckt, als sei bei den genannten Gruppen der Intercoxalfortsatz des Prosternum nach unten umgebogen. Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. 1856. p. 118.) beschreibt aber diese verschiedene Bildung des Intercoxalfortsatzes bei den *Caraben* bereits in folgender Weise: «Die Spitze des Prosternum ist hinten etwas über die Vorderhüften hinaus verlängert, breit abgerundet und gewöhnlich flach, bisweilen (z. B. bei *C. depressus*) aber nach oben gebogen». Von *Damaster blapoides* sagt Schaum (l. c. p. 180.), dass der Intercoxalfortsatz des Prosternum «stark nach unten gewölbt ist und wieder nach oben emporsteigt», und dass er bis zum Mesosternum verlängert ist, zum Unterschiede von *Cychrus*. Aber ganz abgesehen davon, «Prosternum processu brevi» den genannten Gruppen zuzuschreiben, wie es Thomson thut, ist eine durch nichts zu rechtfertigende Willkür, die geradezu unerklärlich erscheint bei Beachtung des Umstandes, dass Thomson den *Carabus deplanatus* als Typus seiner Untergattung *Plectes* bezeichnet, bei welchem, wie bei den flachen kaukasischen *Caraben* überhaupt, der Intercoxalfortsatz des Prosternum abgeflacht ist, in keiner Weise umgebogen und auch in der Länge sich in keiner Weise unterscheidet von der grossen Masse der *Caraben*. Da die von Thomson hinzugezogenen, europäischen flachen

Caraben nicht allein durch den hinten gewölbten und nach oben umgebogenen Intercoxalfortsatz des Prosternum abweichen, sondern auch durch die vielen, zweireihig angeordneten Borsten des vorletzten Labialtastergliedes, so dürften sie nicht mit Unrecht eine eigene Gruppe, *Platycarabus*, bilden.

Ueber die Strigae ventrales äussert sich Thomson (Ann. S. Ent. Belg. 1875. p. CXIII.) selbst, dass sie nur mit Reserve zu benutzen seien. In einigen Gruppen scheinen sie constant vorhanden zu sein oder auch beständig zu fehlen, wenigstens bei den bis jetzt bekannt gewordenen Arten. In andern Gruppen weichen die nächstverwandten Arten in dieser Hinsicht von einander ab, wie es auch Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1879. p. 27.) schon hervorgehoben. Bei denjenigen Arten, welchen sie fehlen, erscheinen sie bei einzelnen Exemplaren dennoch ab und zu angedeutet, namentlich bei den Weibchen, so auch bei der von Kraatz erwähnten Art, desgleichen bei *Carabus prasinus*, welcher meiner Ansicht nach durchaus mit Unrecht als Varietät zu *Carabus Calleyi* gezogen wird[1]).

Für die Untergattung *Cratocephalus* führt Thomson (l. c. p. 638.) zur Unterscheidung von den nächstverwandten Untergattungen in erster Linie auffälligerweise die Sculptur der Flügeldecken an: «elytra alternatim catenato fossulata». Wie unwesentlich aber die Sculptur der Flügeldecken für die Feststellung der *Caraben*-Gruppen ist, dies zeigen in klarster Weise gerade die Arten der *Cratocephalus*-Gruppe, von welchen Thomson nur die eine, schon seit Jahren beschriebene Art bekannt war. Bei *C.* (*Pantophyrtus*) *turcomannorum*, der von der *Cratocephalus*-Gruppe nicht getrennt werden darf, haben die Flügeldecken gereihte, feine Punkte. Bei *C.* (*Cratocephalus*) *Solskyi* sind die Flügeldecken ähnlich wie bei *C.* (*Procrustes*) *coriaceus* mit unregelmässigen, nur etwas weniger gedrängten Gruben bedeckt; *C.* (*Cratocephalus*) *Balassogloi*, dem Dohrn (Stett. Ent. Z. 1882. p. 103.) «regelmässige lineare Reihen von kleinen, blankschwarzen erhöhten Fleckchen» zuschreibt, hat auf jeder Flügeldecke zwischen dem geglätteten Nahtwulst (= Nahtstreif + erstem Zwischenraum) und der Series umbilicalis im Ganzen sieben Längsreihen sehr grosser, flacher, an einander gedrängter Schwielen, von welchen die zweite, vierte und sechste Reihe den Kettenstreifen entsprechen und auch etwas breiter sind als die zwischenliegenden, und von den nachfolgend beschriebenen Arten hat fast jede Art eine andere Flügeldeckensculptur. *C.* (*Cratocephalus*) *Kaufmanni* erinnert durch den gestreckten Körper und die abgeflachten Flügeldecken ganz auffallend an *Cechenus*, so dass es überhaupt fraglich erscheinen könnte, ob *Cratocephalus* von *Cechenus* auch nur

---

1) *Carabus Calleyi*, von Fischer (Entomogr. Ross. II. 1823. p. 96. t. 34. f. 2.) nach Exemplaren «ex confinibus Persiae» beschrieben und abgebildet, ist unter Anderem durch die tiefen Strigae abdominales von *C. prasinus* specifisch verschieden und offenbar dieselbe Art, welche Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1876. p. 142; – 1879. p. 30. 5.) fälschlicherweise als *Carabus torosus* in Anspruch genommen. Mit *Carabus torosus*, welchen Frivaldszky (A'Magyar tudòs 1835. p. 252. t. 5. f. 2.) nach einem Weibchen von 37 mm. Länge beschreibt und abbildet, ist dagegen *Carabus Bonplandi* identisch, und zwar um so sicherer, als das von Frivaldszky beschriebene Exemplar keineswegs, wie angenommen wird, rein schwarz ist, sondern nach Frivaldszky's Beschreibung an den stumpfen Hinterzipfeln des Halsschildes blaugrün schimmernd und desgleichen an dem Seitenrande der Flügeldecken dunkel blaugrün glänzend ist.

als Gruppe getrennt werden darf, da bei genauerer Untersuchung die Angabe von Thomson (l. c. p. 652.), dass die kaukasischen *Cechenus* nur zwei Labialborsten haben, sich als falsch erweist. *Cechenus*, *Iniopachus* und *Cathaicus* weichen aber darin von der *Cratocephalus*-Gruppe ab, dass die innere Lade mit dem Zahn des Innenrandes der Mandibel (Thomson's processus mandibulae) vollständig verschmolzen ist, ein, wie ich glaube, zu einer Sonderung hinreichender und die nahe Verwandtschaft der genannten drei Gruppen documentirender Unterschied; bei *Cechenus* ist, wie es scheint, der basale Höcker der inneren Lade immer durch eine vertiefte feine Bogenlinie angedeutet.

Auch die Untergattungen *Hygrocarabus* und *Ctenocarabus*, jede mit nur Einer Art, werden von Thomson (l. c. p. 640.) eigentlich nur durch die Sculptur der Flügeldecken unterschieden. Andrerseits hat Thomson in seiner Untergattung *Mesocarabus*, wie mir scheint, heterogene Elemente. *Carabus catenulatus* und *Dufouri* würden besser bei *Hadrocarabus* stehen als vereint mit den ganz abweichenden *C. Rossii* und *C. Genei*, und so ist das «caput pone oculos leviter constrictum, vertice longo, postice tumido et dilatato» der einzige Grund, weshalb die *Hadrocarabus*-Arten nicht mit *C. catenulatus* und *Dufouri* zu einer Untergattung vereinigt worden. In Thomson's Characteristik der Untergattung *Mesocarabus*, welche, wie es scheint, nur nach dem *C. catenulatus* entworfen, sucht man wenigstens vergeblich nach anderweitigem Unterschied. Ich vermag aber im Bau des Kopfes der genannten Arten, abgesehen von der gewöhnlich allerdings etwas bedeutenderen Grösse bei den von Thomson als *Hadrocarabus* aufgeführten Arten keinen Unterschied aufzufassen gegenüber *C. catenulatus* und *Dufouri*, und was dieses angebliche Merkmal für eine Feststellung der *Caraben*-Gruppen ganz besonders zweifelhaft macht, wenigstens in der Weise, wie es Thomson eigentlich ganz willkürlich anführt, ist jedenfalls der Umstand, dass auch Andere dafür kein Auffassungsvermögen haben. Denn *Carabus amoenus*, welchen Chaudoir (Bull. d. Mosc. 1852. I. p. 93.) als Verwandten des *C. auronitens* ausgibt, welche Verwandtschaft Chaudoir (Stett. Ent. Z. 1857. p. 81. 14.) einige Jahre später nochmals ausdrücklich betont, würde nach Ansicht des ersten Beschreibers dieser Art, um der jetzt geläufigen Redeweise gerecht zu werden, ein *Chrysocarabus* sein. Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1879. p. 173.) dagegen scheint der Ansicht zu sein, dass *Carabus amoenus* systematisch zunächst mit *C. nitens* verwandt sei, irregeführt durch die ähnliche Sculptur und Färbung der Flügeldecken. J. Sahlberg (Svensk. Vetensk. Akad. Handl. XVII. 1880. № 4. p. 4.) endlich bezeichnet den *C. amoenus* als zur *Megadontus*-Gruppe gehörig, indem er die genannte Art «structura palporum labialium et mandibularum *C. exarato* affinis» nennt. Der *C. amoenus* gehört aber eigentlich zu Thomson's Untergattung *Pachycranius*, da er in allen wesentlichen Merkmalen, selbst hinsichtlich des so characteristisch gestalteten Kinns, welches in der Mitte in Form einer vorn abgerundeten Platte vortritt, mit *C. Leachi*, *obovalis* und *Panzeri* genau übereinstimmt, so dass die Verweisung des *C. amoenus* in eine andere Gruppe als in diejenige, wohin auch die genannten drei *Caraben* gezogen werden, durch nichts zu rechtfertigen wäre. Können aber auf den Bau des Kopfes hin die Untergattungen *Pachycranius* und *Megadontus* überhaupt

geschieden werden? Vergleicht man nämlich die von Thomson zu *Megadontus* gezogenen Arten unter einander, so weicht unter diesen der *Carabus croaticus* durch den hinter den kleinen Augen kaum eingeschnürten, jedenfalls auch als angeschwollen zu bezeichnenden Kopf ab. *Carabus torosus* (*Bonplandi*) und *C. prasinus* haben doch auch wohl eher einen angeschwollenen Kopf; ganz besonders auffallend muss es aber erscheinen, dass Thomson auch den dickköpfigen *Carabus Humboldti* als eine Form ansieht, deren «caput vertice haud tumido incrassato» sei.

Thomson's (Ann. S. Ent. Belg. 1875. p. CIX.) Ansicht, dass zwischen den sog. langen und kurzen Mandibeln der *Caraben* ein fundamentaler Unterschied sei, erscheint gleichfalls als durchaus unbegründet. Nach Thomson soll nämlich bei den langen Mandibeln das Tomium viel länger als breit und gegen die Spitze allmählich verjüngt sein, an den kurzen Mandibeln dagegen nicht merklich länger als breit, mit scharfer, nach innen unter rechtem Winkel umgekrümmter Spitze. Aber dieser bei den extremen Formen allerdings sehr ausgesprochene und schon von Fischer hervorgehobene Unterschied ist bei vielen *Caraben*, denen Thomson lange Mandibeln zuschreibt, in Wirklichkeit ein sehr geringfügiger; ja, die Mandibeln sind bei ein und derselben Art in dieser Hinsicht nicht einmal constant. Man braucht in der That nur viele Individuen von *C.* (*Chrysocarabus*) *auronitens* darauf hin zu untersuchen, um sich davon zu überzeugen, dass dieser von Thomson urgirte Unterschied ein vollständig illusorischer ist, namentlich kommen in der Schweiz Exemplare des *C. auronitens* mit kurzen Mandibeln vor, an welchen auch das Tomium nicht länger als breit ist, so dass *C. auronitens* sich als eine Art ausweist, bei welcher die sog. langen Mandibeln in die sog. kurzen ganz allmählich übergehen. Andrerseits ist unter den *Caraben* mit sog. kurzen Mandibeln *Carabus nemoralis* eine Art, bei welcher einzelne Exemplare durch das schmale Tomium ihrer Mandibeln auffallen, deren allmählich verjüngte Spitze auch keineswegs plötzlicher eingekrümmt ist als bei vielen *Caraben* mit sog. langen Mandibeln. Wenn aber die Individuen ein und derselben Art in dieser Hinsicht sich als variabel erweisen, so kann es doch wohl keinem Zweifel unterliegen, dass auch die Mandibeln, die zur Feststellung vieler Gruppen und zur Erkenntniss der Verwandtschaftsbeziehungen der *Caraben* gute Anhaltspunkte geben, in der ganzen Reihe der *Caraben* auch nur von relativer Bedeutung sind.

Unter den *Caraben* mit kurzen Mandibeln oder Thomson's Untergattung *Carabus* ist es Thomson nicht gelungen, ausser der einen, schon von Chaudoir (Stett. Ent. Z. 1857. p. 81. 14.) bezeichneten, auf *C. nitens*, *Mac-Leayi*, *tuberculosus* und *serratus* begründeten Gruppe, irgend eine der von ihm angenommenen Gruppen scharf zu characterisiren, und hat namentlich Kraatz in seinen verschiedenen Arbeiten auf den geringen Werth der hier von Thomson benutzten Merkmale so vielfach hingewiesen, dass ich es für überflüssig erachten muss, darauf noch besonders einzugehen. Unter den *Caraben* mit kurzen Mandibeln stellte, wie schon erwähnt, Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1877. p. 78.) eine neue Untergattung unter dem Namen *Ischnocarabus* auf, begründet auf *C. tenuitarsis* und *C. cychropalpus*. Aber zu dieser Untergattung, welche Kraatz (l. c. p. 256.) gleich darauf schon Gattung nennt,

zieht Kraatz selbst, durch Chaudoir darauf aufmerksam gemacht, den *Carabus bessarabicus*, obgleich Kraatz (l. c. p. 78.) anfänglich den *C. bessarabicus* gerade «kaum als nächstverwandt» bezeichnet, — jedenfalls doch wieder ein Beweis, wie unsicher und wenig begründet derartige Gattungen in Wirklichkeit sind. Dasselbe dürfte auch gelten für die von Kraatz auf die Verwandten des *Carabus sylvestris* begründete Gattung *Orinocarabus*. Die von Kraatz für die *Orinocarabus*-Arten hervorgehobene Sculptur der Flügeldecken, an welchen von den ziemlich grossen primären Grübchen drei Streifen unterbrochen werden, in welchem Merkmal Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 328.) einen Gattungscharacter sieht, kann ich weder als Gattungs- noch als Gruppenmerkmal gelten lassen. Ich sehe gerade darin einen Fortschritt in der Erkenntniss der natürlichen Verwandtschaft der *Caraben*, dass die Flügeldeckensculptur, welche, wie schon längst erkannt, oft genug bei ein und derselben Art in der allerauffälligsten Weise variirt, möglichst bei Seite gelassen werde. Dejean's *Caraben*-Gruppen «dont je ne suis cependant nullement satisfait», wie sich Dejean (Spec. II. p. 33.) selbst über dieselben ausdrückt, und von welchen sich in der That kaum eine als natürliche Gruppe herausgestellt, sind ja gerade auf die Sculptur der Flügeldecken hin aufgestellt, und der geringe Werth der Flügeldeckensculptur für eine natürliche Gruppirung der *Caraben* war eigentlich schon erwiesen, nachdem Chaudoir es erkannt hatte, dass *Carabus nitens*, *Mac-Leayi*, *tuberculosus* und *serratus* mit einander zunächst verwandt sind. Schaum (Stett. Ent. Z. 1857. p. 355.) antwortet auf Chaudoir's Hinweis auf diese unzweifelhaft natürliche Gruppe jedenfalls sehr richtig: «Bisher wurde zur Aufstellung kleinerer Abtheilungen innerhalb der Gattung *Carabus* vorzugsweise die Sculptur der Flügeldecken benutzt, und in der Sculptur der Flügeldecken sind *C. nitens*, *serratus*, *Mac-Leayi* etc. die aller differentesten *Caraben*, die es gibt. Will Chaudoir aber der Sculptur in einer einzelnen Abtheilung jede Bedeutung absprechen, so kann er sie in derselben Gattung überhaupt nicht weiter benutzen, und es liegt ihm dann ob, sich nicht damit zu begnügen, dass er vier Arten aus der Reihe der *Caraben* ausgesondert hat, sondern die ganze übrige «rudis et ingesta moles» nach neuen Gesichtspunkten zu ordnen». Fast nur auf die Sculptur der Flügeldecken hin scheint Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1883. p. 361. — 1884. p. 217.) zwei neue centralasiatische *Carabus*-Arten als Gattungen, *Goniognathus* und *Pseudotribax*, in Anspruch genommen zu haben [1]). Durch die Sculptur der Flügeldecken irregeleitet, erklärt Kraatz (Deutsch. Ent.

1) Hinsichtlich der von Kraatz für nothwendig erachteten Gattung *Goniognathus* ist aus der von Kraatz gegebenen Characteristik und Beschreibung nicht recht zu ersehen, wodurch sich diese angebliche Gattung von den Thomson'schen Untergattungen der *Caraben* mit langen Mandibeln und zwei Labialborsten unterscheide; der Name *Goniognathus* dürfte aber darauf hinweisen, dass an den Mandibeln irgend wo, vielleicht am Aussenrande, ähnlich wie bei *C.* (*Pseudocechenus*) *irregularis*, ein winkliger Vorsprung ist, dessen Kraatz aber in der Characteristik seiner Gattung nicht gedenkt. *Pseudotribax validus* dürfte aber einfach eine fernere Art der polymorphen *Cratocephalus*-Gruppe sein. Die von Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 329.) besonders betonte «Ueberzeugung, dass alle diejenigen Arten der Gattung *Carabus* in spec. bei Thomson, bei denen drei Streifen der Flügeldecken von Grübchen unterbrochen sind, in nächster systematischer Verwandtschaft zu einander stehen», hat Kraatz von einer eingehenderen Untersuchung der in Betracht kommenden Formen abgehalten, wie es bei einer solchen Voreingenommenheit für ein einzelnes Merkmal bei Kraatz leider nur zu oft der Fall ist. Von *Carabus*

Z. 1878. p. 332.) den *Carabus Mariettii* als «*arvensis*-artig». *C. Mariettii* hat aber lange Mandibeln, viele Borsten an den Labialpalpen und dürfte, trotz der vorhandenen Gular-

Christophi z. B., welchen Kraatz (l. c. 1878. p. 335.) gleichfalls zu seiner Gattung *Orinocarabus* zieht, sagt Kraatz (l. c. 1878. p. 216.) in der Beschreibung dieses von ihm für neu gehaltenen *Carabus*, «durch die drei Reihen sehr deutlicher Grübchen werden, mehr scheinbar als wirklich, ähnlich wie bei *C. sylvestris*, drei Streifen unterbrochen, meist nur einer, aber bisweilen ist auch der Streifen an jeder Seite gleichzeitig unterbrochen». Kraatz hatte diese, von ihm selbst gemachte Angabe über die Flügeldeckensculptur seiner Exemplare des *C. Christophi* offenbar nicht vor Augen gehabt, als er (l. c. 1878. p. 335.) gleich darauf, nach Durchsicht der Chaudoir'schen *Caraben*-Sammlung, berichtete, dass der *C. Christophi* nicht specifisch verschieden sei von dem von Chaudoir (Deutsch. Ent. Z. 1877. p. 76.) nach einer sehr seltenen Varietät, «bei welcher nur ein Streif durch die Grübchen unterbrochen ist», benannten *C. acutesculptus*, welche Varietät Chaudoir (Rev. et Mag. Zool. 1869. p. 26.) als *Carabus carinulatus* ausführlich beschrieben hatte. A. a. O. stellt aber Chaudoir diese Art als mit *C. Hummeli* verwandt hin und dieselbe Verwandtschaft habe ich (Bull. d. l'Acad. d. sc. d. St. Ptb. V. 1862. p. 240. 8.) für eine fernere Varietät dieser Art, welche ich als *Carabus venustus* diagnosticirt, behauptet, und bin ich auch jetzt noch der Ansicht, dass diese Art nicht zu *Orinocarabus* gezogen werden darf. Bei den mit *C. sylvestris* verwandten Arten (*Orinocarabus* Kraatz) ist unter Anderem, wie schon Thomson (Opusc. ent. VII. 1875. p. 712.) richtig angibt, die «catena 3:a a serie umbilicata bene discreta minus quam a catena 2:a remota», was namentlich bei dem sehr regelmässig sculpirten *C. hortensis* (*gemmatus*) sehr auffällig ist, wo das Feldchen (areola) zwischen der äusseren Catena und der Series umbilicata deutlich schmäler ist als die Feldchen zwischen zwei Catenen, und sind in diesem schmalen Feldchen statt der sieben feinen convexen Streifen nur fünf vorhanden. Bei der genannten ostasiatischen Art ist die dritte Catena dagegen von der Series umbilicata eben so weit entfernt als von der zweiten Catena, und wäre die Stellung dieser ostasiatischen Art zu den *Orinocarabus* schon aus diesem Grunde mindestens zweifelhaft.

Unter den Exemplaren, welche ich Herrn v. Solsky bestimmt, befand sich hinsichtlich der Sculptur der Flügeldecken ein Uebergangsexemplar zu dem von mir mit *C. venustus* gleichzeitig beschriebenen *Carabus Wulffiusi*, und habe ich damals Herrn v. Solsky meine Meinung, dass ich *C. Wulffiusi* und *C. venustus*, nach dem auch unserem Museum neu zugekommenen Material, für Varietäten ein und derselben Art halte, offen ausgesprochen. Nichtsdestoweniger hat Solsky (Hor. Ent. Ross. XI. 1876. p. 259. 13. 14.) diese Formen doch als verschiedene Arten aufführen zu müssen geglaubt, ohne auch nur zu erwähnen, dass seine beiden als *C. venustus* aufgeführten Exemplare, von dem von mir diagnosticirten Männchen gleichfalls abweichen und zu einer ferneren Zwischenform gehören, zu derselben, welche Kraatz später *C. Christophi* genannt. Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1881. p. 265.) hat die von mir als *C. Wulffiusi* bekannt gemachte Form als fernere neue Art unter dem Namen *Carabus de Kraatzii* gleichfalls nach einem einzelnen Weibchen beschrieben, und ein Vergleich der von mir gegebenen Beschreibung mit der von Kraatz mitgetheilten zeigt es klar genug, dass *C. de Kraatzii* dieselbe Form ist wie *C. Wulffiusi*. Wie gefährlich es ist, die Sculptur der Flügeldecken als Gattungs- oder Gruppenmerkmal zu verwenden, dafür kann unter anderen Arten eben auch der *C. Wulffiusi* als ferneres Beispiel angeführt werden. Denn wenn Kraatz (l. c. 1881. p. 265.) bei seinem *C. de Kraatzii* hervorhebt: «Der Käfer scheint mir kaum als Verwandter meines *Orinocarabus Christophi* vom Amur aufgefasst werden zu können, vielmehr wohl eher der Arten der *cancellatus*-Gruppe mit Kettenstreifen», so spricht Kraatz damit seiner «Ueberzeugung», dass gleiche Sculptur der Flügeldecken nächste Verwandtschaft begründe, doch wohl selbst jegliche Berechtigung ab. Die vorstehend erwähnten *Caraben* sind ohne Zweifel nur verschiedene Formen ein und derselben Art, welche aber weder mit *C. sylvestris*, noch auch mit *C. cancellatus* als verwandt angesehen werden darf. Die von Solsky (Hor. Ent. Ross. XI. 1876. p. 259. 13.) als *C. Wulffiusi* besprochene Form hat kürzlich Haury (Naturaliste VIII. 1886. p. 269.) als fernere neue Art unter dem Namen *C. distinctus* beschrieben: Zwischen je einem schmalen, unterbrochenen Costal- und nicht unterbrochenen Intercostallimes befinden sich zwei schwach erhabene, indessen deutlich convexe Streifen, so dass zwischen den sog. Kettenstreifen fünf convexe Streifen sich befinden. Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 283.) sagt aber von den *Caraben* im Allgemeinen, «dass die Fünfzahl insofern keine natürliche, sondern eine künstliche ist, als im Grunde sieben Streifen vorhanden sind, von denen 1 und 7, die neben den Kettenstreifen liegen, wegen ihrer schwachen Entwickelung nicht mitgezählt sind». Bei *C. Wulffiusi* var. *distinctus* sind indessen unzweifelhaft zwischen den Kettenstreifen oder Costallimes nur fünf Streifen vorhanden, doch halte auch ich den mittelsten für den Intercostallimes, die beiden diesen einschliessenden für Zwischen- oder Interlimes, den äusseren an den resp. Kettenstreifen anliegenden für den Neben- oder Collimes, der bei dem Solsky'schen Exemplar auch ein wenig höher ist als die Interlimes. Hier ist der, nach

borsten, am besten in der Nähe der *Megodontus*-Gruppe stehen. Den *Carabus Boysi*, welcher nach Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 255; p. 232 Anmerkung 1.) mit *Carabus Wallichi* iden-

---

Analogie mit *C. sylvestris*, zwischen Costal- und Collimes als verkümmert vorauszusetzende Interlimes überhaupt nicht vorhanden. Unter den *Caraben* ist auch mir sonst keine Art bekannt, bei welcher in Wirklichkeit fünf erhabene Streifen zwischen den sog. Kettenstreifen oder Costallimes vorkommen; bei *Calosomen* haben aber *Calosoma investigator* und *C. denticolle* constant fünf Limes zwischen den Kettenstreifen oder, was dasselbe, sechs Punktstreifen. In Betreff der Parallelisirung der Flügeldeckensculptur des *Carabus Christophi* mit *C. sylvestris* oder seinen *Orinocarabus* ist Kraatz übrigens insofern durchaus im Irrthum, als bei *C. Christophi* zwischen den Costallimes auch nur fünf erhabene Streifen vorhanden sind, was aus Kraatz's (l. c. 1878. p. 216.) lateinischer Diagnose des *Carabus Christophi* allerdings nicht ersichtlich ist, da er die Flügeldecken beschreibt als versehen mit «lineis tribus foveolatis, interjacentibus lineis elevatis 3—5», worauf hin man der Ansicht sein könnte, dass zwischen je drei unterbrochenen convexen Streifen drei bis fünf nicht unterbrochene vorhanden sein könnten. Solche Exemplare mit fünf ununterbrochenen Streifen zwischen je drei unterbrochenen hat aber auch Kraatz nie gesehen, denn, wie Kraatz im deutschen Text richtig angibt, «zwischen den je drei unterbrochenen Streifen (= Costal- und Collimes) befindet sich entweder ein Streifen (der Intercostallimes), der bald ganz, bald ebenfalls unterbrochen ist, oder es tritt neben diesem einen (Intercostallimes) jederseits noch ein schwacher Streifen (Interlimes) hervor». Die drei unterbrochenen Streifen des *C. Christophi* sind von Kraatz auch fälschlich für homolog erklärt worden den drei unterbrochenen Streifen des *C. sylvestris*. Bei letzterem sind die Costal- und die anstossenden Interlimes unterbrochen, bei *C. Christophi* dagegen die Costal- und die dicht anliegenden Collimes, was Kraatz entgangen ist, weil er als tertiäre Streifen, beide wesentlich verschiedenen Streifen, welche ich (Bull. d. l'Acad. d. sc. d. St. Pétersb. XXX. Février 1886. p. 392.) als Collimes und Interlimes unterscheide, keineswegs aus einander gehalten.

Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 273. sq.) hat «über die Sculptur-Elemente der *Carabus*», insbesondere der Flügeldecken, eingehende Untersuchungen veröffentlicht, welche schon wegen der Abweichung von dem ewigen Einerlei der Gattungs- und Speciesbeschreibungen nicht hoch genug anzuschlagen sind. Kraatz versucht es, über die grössere resp. geringere Wichtigkeit der Flügeldecken-Streifen ins Reine zu kommen, und Kraatz gelangt auch auf dem von ihm verfolgten Wege zu einem richtigen, der Wahrheit durchaus entsprechenden Resultat. Aber aus Kraatz's eingehender und eine Fülle von Beobachtungen in gedrängter Form zusammenfassender Darlegung kann man so recht ersehen, wie morphologische Kenntnisse bei den heutigen Coleopterologen kaum noch vorfanden sind. Es ist Kraatz gar nicht zum Bewusstsein gekommen, was denn eigentlich die Flügeldecken der Käfer sind! Aber erstaunt muss man sein, wenn auch solche Entomologen wie Hagen (Stett. Ent. Z. 1870. p. 320. — Brauer Ent. Jahresb. für 1870. p. 2.), sich stützend auf die kurzen Flügeldecken der *Staphylinen* (*Brachelytren*), die Flügeldecken der Käfer nicht den Oberflügeln für homolog ansehen, sondern nur dem bei anderen Insecten an den Flügeln beobachteten «hornigen Basaltheil» entsprechend erklären, oder wenn noch 1880 Meinert (Ent. Tidskr. I. p. 168.) die Flügeldecken der Käfer und die Tegulae der *Hymenopteren* und Pterygodes der *Lepidopteren* als einander homologe Gebilde ausgibt, dagegen den Oberflügeln der anderen Insecten die bei *Dytisciden* etc. deutliche sog. Alula der Flügeldecken morphologisch für gleichwerthig erachtet. Ja, noch kürzlich hebt Kolbe (Berl. Ent. Zeit. 1884. p. 78.) es hervor, nach seiner «Ansicht sind die Längsstreifen und Rippen auf den Flügeldecken der *Coleopteren* die Rudimente von convexen Flügeladern, welche die früher membranösen, also den heutigen Flügeln äquivalenten Flügeldecken durchzogen», und stellt auch diesen Ausspruch, wie Alles was Kolbe mittheilt, so hin, als wäre vor ihm Niemand eines annähernd auch nur ähnlichen Gedankens fähig gewesen. Aber selbst in dem bis jetzt einzig gebliebenen deutschen Handbuch der Entomologie, welches der genialste der deutschen Entomologen schon im Jahre 1832 veröffentlichte, in Burmeister's Handbuch der Entomologie nämlich, sind die Oberflügel der anderen Insecten und die Flügeldecken der Käfer als einander äquivalente, nur in verschiedenem Grade «verhornte» Gebilde zusammengefasst. Und merkwürdig ist es, dass Kolbe (Berl. Ent. Z. 1884. p. 167. Anmerkung 1.) «die verschiedenen Schriften von Heer» anführen zu müssen glaubt, ohne Einsicht von denselben zu nehmen, denn sonst würde es Kolbe doch wohl auch zum Bewusstsein gekommen sein, dass Heer (Die Insectenfauna der Tertiärgebilde I. Käfer. Leipzig. 1847. p. 76 sq.) die Adern der Flügeldecken nicht nur unterschieden und zu benennen versucht, sondern auch mit den an den Flügeln der Insecten überhaupt unterschiedenen Flügeladern homologisirt. Auf Tafel VIII gibt Heer eine Anzahl Abbildungen von Flügeldecken verschiedener Käfer und auf Seite 228 die Benennungen, welche, seiner Meinung nach, den vom ihm unterschiedenen «Hauptadern» der Flügeldecken zukommen. Alle Verzierungen der Flügeldecken, welche als convexe Längsstreifen etc. auftreten, auf Flügeladern zurückfüh-

tisch ist, erklärt Kraatz für *catenulatus*-artig, gleichfalls nur durch die Sculptur der Flügeldecken irregeführt; denn die genannte Art gehört wegen der kurzen Mandibeln und dem

---

ren zu wollen, kann indessen nur Jemand versuchen, der sich, wie Kolbe nach seiner eigenen Versicherung, leider aber geblendet durch seine «Fackel der Erkenntniss», welche doch nur ein flackerndes Irrlicht ist, auf so lichte Höhen begibt, von welchen er selbst an grossen Insecten nichts mehr sehen kann. Daher gewahrt auch Kolbe (Berl. Ent. Z. 1884. p. 393.), im Gegensatze zu der enormen Entwickelung des Flugmuskelsystems der *Libelluliden*, bei den *Agrioninen* «einen noch mittelmässig grossen Prothorax», und wenn Kolbe a. a. O. von *Scirtes hemisphaericus* angibt, «er kann sich vor seinen Feinden durch Springen retten», so haben wir hier in Russland für Solche, welche von Darwin ausgesprochene Gedanken auf ein bestimmtes, von Darwin nicht speciell genanntes Object übertragen und sich dabei geriren, als sprächen sie einen eigenen Gedanken aus, den gewiss zutreffenden Ausdruck, der Darwin'schen Wiederkäuer. Was Kolbe in seinen angeblich Darwininisten Studien producirt, dafür wäre die Bezeichnung «Schaffutter», mit welcher Kolbe (l. c. p. 388.) die Leistungen der «Liebhaber der Specieskunde» belegen zu müssen glaubt, doch noch zu gut. Die von diesen Entomologen «sorgsam gepflegten Mistbeete», werden immerhin bei Umackerung des entomologischen Gebiets zu reichlicherer Ernte verhelfen als das, was Kolbe mit riesiger Arroganz mittheilt, welche nur noch von seiner zur Schau gestellten Ignoranz erheblich übertroffen wird. Paul Mayer, der in seiner Arbeit «über Ontogenie und Phylogenie der Insecten» gewisse «Sätze» als sicher aufstellen zu können glaubt, meint freilich: «Zur Aufstellung dieser Sätze dient vor Allem die Systematik s. str., welche die reichste und bei richtiger Anwendung auch die zuverlässigste der zu unserer Verfügung stehenden Notizsammlungen ist (Jenaische Z. für Naturwissensch. X. 1876. p. 126.).» Es muss darnach nur wunderbar erscheinen, dass Kolbe diese «Sätze» sich trotzdem so zu eigen macht, als wären sie in Wirklichkeit seine eigenen, über die entomologischen Arbeiten der sog. Systematiker sich aber dennoch in erwähnter Weise äussern zu müssen glaubt. Ich halte es auch für meine Pflicht, unter Anderm darauf aufmerksam zu machen, wie es Kolbe versteht, sich mit dem Nimbus ganz kolossaler Litteraturkenntniss zu umgeben, ohne die citirten Werke auch nur jemals gesehen zu haben. Sein «natürliches System der carnivoren Coleoptera (Deutsch. Ent. Z. 1880.)», welches er scheinbar zaghaft mittheilt, damit er «die tüchtigen Arbeiten eines Erichson, Lacordaire, Leconte, Schaum u. A. nicht herabsetze» (l. c. p. 261.), nimmt natürlich auch Rücksicht auf die fossile «Gattung *Escheria* Heer, welche Dr. Osw. Heer in seinem ausgezeichneten Werke über die tertiären Insecten (Die Insectenfauna der Tertiärgebilde von Oeningen und Radoboi in Croatien, 3 Bde. Leipzig. 1847—1853.) beschrieben». Die gewöhnlichen Sterblichen citiren dabei Heer's Werk und setzen gewöhnlich hinzu: I. 1847. p. 57. Taf. VII. Fig. 23. 23b und 23c. — Wahrhaft komisch wirkt es aber, wenn Kolbe (l. c. p. 278.) von Bonelli's französisch geschriebenen, in den Mémoires de l'Académie des sciences de Turin veröffentlichten «Observations entomologiques» spricht und dabei von Bonelli's Untersuchungen über die *Carabiciden* redet als seien sie «in seinen Observationes entomologicae und (!) den Memoiren der Turiner Academie 1810—1812» niedergelegt, welcher lapsus calami Schaum's ganz einfach aus Schaum's Insecten Deutschlands (I. 1. p. 47.), freilich mit dem Zusatze «und», abgeschrieben ist. Wenn Kolbe (l. c. p. 273.), hinsichtlich der Angabe über die Bildung des Prosternum bei *Metrius*, Schaum unzuverlässig nennt, so konnte Kolbe mit wohlgefälliger Sicherheit Solches sagen, da auch Schaum (Berl. Ent. Z. 1860. p. 161—179.), was Kolbe verschweigen zu müssen glaubt, «das System der *Carabicinen*», nach dem damaligen Standpunkt der Wissenschaft erläutert, und in dieser Arbeit, seine Jahre langen Untersuchungen in gedrängter Kürze zusammenfasst. In dieser Uebersicht des Systems der *Carabicinen* gibt aber Schaum (l. c. p. 168.) ausdrücklich an, dass bei der Gattung *Metrius* «die vorderen Gelenkpfannen hinten geschlossen» sind, während Schaum früher, in den Insecten Deutschlands, sich überhaupt nicht darüber ausgesprochen. Schaum (Ins Deutschl. I. 1. p. 49.) hat damals noch an der von Erichson, in dem Bericht über die wissenschaftlichen Leistungen im Gebiete der Entomologie während des Jahres 1841 (p. 16. (204).) ausgesprochenen Ansicht festgehalten, dass Haliday's Vorschlag, die *Carabiciden* nach der Bildung des Prosternum in drei Abtheilungen zu spalten, ganz annehmbar wäre, «wenn nicht die *Elaphrinen* sich in alle drei vertheilten, indem *Elaphrus* selbst zur dritten, *Notiophilus* zur zweiten gehört und *Omophron* (für sich allein) die erste bildet». Paul Mayer (l. c. p. 189.) endlich spricht von *Carabiden*, als sei es selbstverständlich, dass die *Cicindeliden* dazu gehören, und gedenkt der letzteren daher überhaupt nicht. Auch betrachtet Paul Mayer (l. c. p. 190.) die *Dyticidae* als caraboide Käfer, die *Gyrinidae* dagegen als eine sehr verbildete kleine Familie «in der Nähe der *Dyticidae*, von welchen sie jedoch nicht direct abzuleiten sind». «Indessen die Werke der Meister durchweben mein System», sagt Kolbe (Deutsch. Ent. Z. 1880. p. 261.) in kaum glaublicher Bescheidenheit, aber «es gibt keine Familie der Käfer, welche in Bezug auf eine weitere Eintheilung in Gruppen und Gattungen

nur mit zwei Borsten versehenen, vorletzten Gliede der Lippentaster sicher der Thomsonschen Untergattung *Carabus* an u. s. w.

---

mehr bearbeitet worden ist, als die der *Carabicinen*», was Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. p. 47.) schon im April 1856 als unzweifelhafte Thatsache hinstellt. In dem «von den Meistern» durchwebten System ist daher auch nicht ein einziges Merkmal zur Verwendung gekommen, welches nicht schon von Anderen verwerthet worden wäre, deren tüchtige Arbeiten Kolbe vor sechs Jahren, als er sich noch in der «Epacme» wähnte, noch nicht herabsetzen wollte. Jetzt, wo Kolbe die «Acme» erreicht, sind die Leistungen der Systematiker nichts Besseres «als trockenes Gras und sonstiges Schaffutter». Ich hoffe aber, dass es jeder Unbefangene bereitwillig zugeben wird, dass eine Abwehr nur mit Kolbenschlägen thunlich ist gegen die wegwerfende Art, wie sich Kolbe, den geistreichen Haeckel geistlos copirend, über die Entomologen im Allgemeinen ausspricht. Aber Kolbe scheint es dabei vergessen zu haben, dass «die grosse und traurige Schaar der Museumszoologen»,wie Haeckel (Generelle Morphologie I. 1866. p. 32.) dieselben bezeichnen zu können glaubt, durch ihn selbst einen Zuwachs erhalten, durch welchen sich diese nicht gerade geschmeichelt fühlen dürfte. Darwin selbst, dessen Werke Kolbe (Berl. Ent. Z. p. 83.), wie es ziemlich sicher angenommen werden kann, nur aus Rade's Schrift «Charles Darwin und seine deutschen Anhänger» kennt, würde aber über sog. Darwinistische Studien à la Kolbe wahrscheinlich mit Schiller gesagt haben:

O, wie viele neue Feinde der Wahrheit! Mir blutet die Seele,
Seh' ich das Eulengeschlecht, das zu dem Lichte sich drängt.

Irrthümer werden Jedem nachgewiesen werden können, denn es irrt der Mensch, so lang er strebt. Auch die von Heer versuchte Homologisirung der «Hauptadern (Rippen oder Nerven)» der Flügel der Insecten hat eben deshalb keinen Anklang gefunden, weil ein Jeder, welcher das Gebiet seiner speciellen Forschungen eingehender kennt, sich sofort davon überzeugen musste, dass auch Heer, trotz der versuchten gleichmässigen Nomenclatur, in den verschiedenen Insectenordnungen in den wenigsten Fällen die einander wirklich homologen Rippen der Flügel mit gleichen Bezeichnungen belegt. Ganz falsch ist aber Heer's Darstellung der Flügeldecken der *Carabinen*, von welchen Heer (l. c. tab. VIII. fig. 18.) die Flügeldecke von *Calosoma sycophanta* abbildet und (pag. 91.) beschreibt, irregeführt durch die Art und Weise, wie die vielen convexen Streifen vor der Spitze der Flügeldecke sich mit einander verbinden. Es ist dies wieder einmal eine Voreingenommenheit, welche bei Heer um so auffallender ist, als er sogar bei *Carabus* (*Procrustes*) *coriaceus* die Rippen «an der Innenfläche» richtig gesehen. Hätte Heer die Innenfläche der Flügeldecke von *Calosoma* sich gleichfalls angesehen, so hätte er gefunden, dass die Rippen genau dieselbe Lage haben wie bei *Procrustes* und genau den bei *Carabinen* sog. Kettenstreifen entsprechen. Heer hat auch offenbar, die Flügeldecken bei trockenen Käfern einfach abgebrochen, daher ist es ihm entgangen, dass das von ihm (l. c. 88.) erwähnte, sog. Phialum Kirby's nichts Anderes ist als ein häutig gebliebener Theil des Oberflügels, welcher der Alula der *Dytisciden* durchaus entspricht. In diesem häutig gebliebenen Theil befindet sich eine schlingenförmig umgebogene Rippe, wie eine solche, nur grössere, im Unterflügel längst beobachtet ist, und auch von Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. p. 111.) als «analis» erwähnt wird. An dem «verhornten» Theil des Oberflügels oder der sog. Flügeldecke kann demnach eine der letztgenannten entsprechende Rippe nicht vorkommen, woher denn auch die von Heer versuchte gleichartige Bezeichnung der Rippen des Unterflügels mit den an den Flügeldecken von ihm wahrgenommenen zum Theil verunglückt ist, weil eben der Ausgangspunkt ein falscher war. Aber Heer hat an der Flügeldecke der Coleopteren, insbesondere bei den *Lamellicornien*, die den Rippen der Flügel entsprechenden Züge unzweifelhaft dargethan. Die von Heer (l. c. tab. VIII. fig. 12 und 15.) gegebene Darstellung der Rippen von *Melolontha* lässt darüber keinen Zweifel, wenn auch die für die Rippen der Flügeldecke und des Unterflügels gegebenen Bezeichnungen als einander nicht durchgängig entsprechende zurückgewiesen werden müssen. Die von Heer (l. c. p. 86.) gegebene Darstellung wäre wahrscheinlich eine richtigere gewesen, wenn er zum Ausgangspunkt seiner Untersuchungen die dem hypothetischen *Proteleutheron* (O. Roger. Das Flügelgeäder der Käfer. 1875. p. 86.) oder *Protocoleopteron* (P. Mayer l. c. p. 194.) aller Wahrscheinlichkeit nach am nächsten kommenden *Carabinen* gewählt hätte.

Ich möchte ferner darauf aufmerksam machen, dass Heer (l. c. p. 88.) unter Anderem zwischen «Rippen» und «Kanten», d. h. Leisten, unterscheidet, indem ja eine Rippe keine Leiste zu sein braucht. Aber Heer fühlt sich schliesslich doch zu dem Ausspruch gedrängt, dass «bei den nur punktirten oder gestreiften Flügeldecken nicht wohl von Rippen» geredet werden könne, und schlägt daher für die den Rippen entsprechenden Züge den Ausdruck «*Strieme, plaga*» vor, während Heer den Ausdruck «*Streifen, stria*» mit Recht nur für die vertieften Längsstreifen anwendet, die hin und wieder freilich kaum merklich vertieft sind und nur durch die gereihten Punkte angedeutet erscheinen. Denn *stria* bedeutet im Lateinischen

Aus allem vorstehend Angeführten dürfte es zur Genüge ersichtlich sein, dass fast alle Merkmale, nach welchen die *Caraben* in Gruppen oder Untergattungen aufgelöst worden,

---

eben nur «*Furche* oder *Rinne*», wie denn auch das Verbum *striare* keine andere Bedeutung hat als einen Gegenstand «mit *Furchen* oder *Rinnen* versehen», und es ist selbstverständlich, dass viele dicht neben einander verlaufende *Striae*, *Furchen* oder *Rinnen* durch erhöhte Längszüge von einander geschieden sein müssen, welche, wenn sie scharf ausgeprägt sind, von den Lateinern als *carinae* oder *carinulae* bezeichnet wurden. Es ist nur in Folge einer Verwechselung der Ausdrücke *carinae* und *costae*, dass man in neuerer Zeit glaubt, den Ausdruck *costa* für *Leiste* anwenden zu dürfen. Die *costae* sind feste Züge in solchen weichen Theilen, welche sie stützen sollen, indem sie diesen sonst zusammenfallenden Theilen einen sicheren Halt geben; so die Rippen der Brust beim Menschen, so auch die *costae navium*, die Rippen der Schiffe, von welchen die Römer den an der Unterseite befindlichen vorstehenden Kiel, die *carina* nämlich, sehr wohl zu unterscheiden wussten. In dieser Hinsicht sind aber die festen Züge im membranösen Flügel doch wohl eben solche Stützen und es ist daher die Ersetzung des durchaus passenden Ausdrucks «*Rippe* oder *costa*» für diese festen, den Flügeln der Insecten Halt und Stütze gebenden Züge durch *Nerven*, *Adern*, *Venen* u. s. w. nicht nur ungerechtfertigt, sondere letztere Bezeichnungen bringen etwas durchaus Falsches zum Ausdruck.

Aber an dem Oberflügel der Käfer oder dem *Elytrum* sind die den Rippen membranöser Oberflügel anderer Insecten entsprechenden Züge diesen Rippen nicht ganz homolog: es ist hier sog. incomplete Homologie vorhanden. Die den Flügelrippen anderer Insecten entsprechenden Züge der Käferflügeldecke, wie es am klarsten der Fall ist bei solchen Formen, wie es *Carabus Balassogloi* und der nachstehend beschriebene *Carabus Jacowlewi* sind, erscheinen sehr breit, bisweilen so breit oder noch etwas breiter als die zwischen ihnen befindlichen, sie trennenden, den *Feldern* und *Feldchen* oder *areae* und *areolae* entsprechenden Züge, welche alle zusammen oberflächlich überdies ganz gleich beschaffen sind, so dass es in vielen Fällen sogar erst durch eine genaue Untersuchung klar gelegt werden muss, was als *costale* und was als *intercostale* Bildung aufzufassen ist. Man muss eben annehmen, dass die chitinisirten Wände der bei sog. membranösen Flügeln scharf begränzten Rippen in der Flügeldecke des Käfers mit mehr oder weniger grossen Theilen des stark chitinisirten Oberflügels verschmolzen sind, ein Umstand, der auch Heer nicht entgangen ist, weshalb Heer eben auch den Ausdruck «*Strieme*, *plaga*» für diejenigen Züge der Käferflügeldecke in Vorschlag gebracht, in welchen die den Rippen anderer Insecten entsprechenden Gebilde enthalten sind, insbesondere die Tracheen. Aber der Ausdruck *plaga* oder *Strieme* ist so unglücklich gewählt, dass ich (Bull. de l'Acad. d. sc. de St. Pétersb. XXX. № 3. Février 1886. p. 392. 2.) ihn durch den Ausdruck *Limes* ersetzen zu müssen glaubte, um so mehr weil Heer (l. c. p. 90.) als *plagae* nur die von mir *Limites costales* genannten Züge der Flügeldecke bezeichnet, während er die zwischen ihnen befindlichen, oft ganz gleich beschaffenen, ja, in vielen Fällen äusserlich gar nicht zu unterscheidenden, als *areae* zusammengefasst, während ich sie als *Limites intercostales*, *Collimites* und *Interlimites* in practischer Kürze glaube unterscheiden zu müssen. Bei *Calosoma* spricht Heer (l. c. p. 91.) von *Striemen*, *plagae*; von einem *breiten Mittelfeld* ausserhalb der *plaga internomedia*, welches «durch vier Streifen in fünf *kleine Felder* abgetheilt» ist; die *area externomedia* sei «aus drei *Interstitien* gebildet» u. s. w., was doch eine möglichst schwerfällige Bezeichnungsweise ist. Bei *Carabus sylvestris* spricht Heer (l. c. p. 92.) dagegen wieder von *Rippen* (*costae*), «von denen jede durch zwei Längslinien in drei *Rippchen* abgetheilt und überdies durch tiefe Grübchen unterbrochen ist». Kraatz ist, einzig und allein durch eingehende Erforschung und Vergleichung der Sculptur der Flügeldecken der *Caraben*, zu einem besseren Verständniss über die tiefere resp. geringere Bedeutung der (convexen) *Flügeldeckenstreifen* oder *Limites* gelangt, was nicht genug anerkannt werden kann.

Um so auffallender muss es aber erscheinen, dass Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 275.), trotz seiner eingehenden Studien über die Flügeldeckensculptur der *Caraben*, die von Thomson (l. c. p. 623.) erwähnte *series umbilicata* mit der von Thomson (l. c. p. 624.) sogenannten *series accessoria* verwechselt, und daher bei *Carabus clathratus* und *nodulosus* von einer «*series accessoria*» spricht und darunter Thomson's *series umbilicata* meint. Die *series accessoria* befindet sich aber zwischen der *series umbilicata* und der äussersten Catena, ist also da, wo mehr Catenen als gewöhnlich vorhanden, wie bei *C. Rothi* z. B. eine vierte, dieser äussersten durchaus äquivalent. Kraatz (Entom. Monatsbl. II. 1880. p. 49.) zieht auch zu *Carabus comptus* (nebst var. *Hopffgarteni* und var. *Merkli*) den *Carabus Hampei* (nebst var. *aurosericeus* und var. *incompsus*), hat es aber übersehen, dass *C. comptus* nur vier Catenen hat und ist die Vereinigung des *C. Hampei* mit *C. comptus* daher auch ganz unbegründet. Desgleichen halte ich auch den *Carabus Kollari* nicht für eine Varietät des *Carabus Scheidleri*, schon wegen der deutlich vorhandenen vier Catenen und aus demselben Grunde eben so wenig den *Carabus Zawadzkii* für eine fernere Varietät der genannten Art. Kraatz scheint den *C. Zawadzkii* gar nicht zu kennen.

bei einzelnen, vielleicht weil vorläufig zu wenige Formen bekannt geworden, als constante sich ausweisen, bei andern dagegen variabel sind und zwar variabel zum Theil sogar bei ein und derselben Art, so dass in Wirklichkeit kein triftiger Grund vorliegt, diese Gruppen oder Untergattungen der *Caraben* als eben so viele berechtigte Gattungen anzuerkennen, ganz

---

Der letztere, von welchem ich nur zwei Männchen bis jetzt gesehen, da alle von Merkl versandten ungarischen sog. *C. Zawadzkii* zu *C. Preyssleri* gehören, ist schon durch sein an *Carabus glabratus* erinnerndes Halsschild von den genannten *Caraben* abweichend, indem die Seitenrinne hinter der Mitte bogig nach innen gekrümmt erscheint und dann, sich verwischend, in fast gerader Richtung nach innen von den schräg abgeflachten Hinterzipfeln unbestimmt ausläuft. Jeder dieser Hinterzipfel ist breiter, nimmt etwa ein Viertel des Hinterrandes ein und seine Spitze ist nach aussen und unten etwas abschüssig. Auch ist der Vorderrandwulst sehr schmal, namentlich in der Mitte. Die dritte Catena ist von dem aufgebogenen Seitenrande der Flügeldecken doppelt so weit als von der zweiten entfernt, ähnlich wie bei *C. Kollari*, was jedenfalls zu beachten, wenn die vierte Catena undeutlich ist oder möglicherweise auch vollständig fehlt, wie es Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 146.) für ein Weibchen des *C. Kollari* angibt. Beim Männchen des *C. Zawadzkii* endlich sind die Fühler einfach, während beim Männchen des *C. Kollari* das siebente bis neunte Fühlerglied an der unteren Seite dicht vor der Spitze rundlich angeschwollen und davor ausgeschweift sind und hier eine deutliche Glättung haben. Alle mir vorliegenden männlichen Exemplare des *C. Scheidleri* stimmen mit *C. Kollari* in dieser Hinsicht überein, nur ist die Ausbucht des siebenten bis neunten Fühlergliedes eine schwächere; alle mir vorliegenden männlichen Exemplare des *C. Preyssleri* haben dagegen einfache Fühler, so dass es sogar einer ferneren Untersuchung bedarf, ob *C. Preyssleri* mit Recht als eine Varietät des *C. Scheidleri* anzusehen sei. Beim Männchen des *C. praecellens* endlich ist nur das achte Glied ausgerandet. Mir stehen leider zu wenige Exemplare der hier in Betracht zu ziehenden *Caraben* zu Gebote, um schon jetzt mit einiger Hoffnung auf Erfolg eine Untersuchung dieser Formen vornehmen zu können.

Dass die *Ceroglossus*-Arten sich unter Anderem dadurch wesentlich von allen *Caraben* unterscheiden sollen, dass bei ihnen zwischen dem Nahtwulst und dem ersten Kettenstreifen sich nur ein bis zwei (convexe) Streifen befinden, was nach Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p.322.) bei keinem europäisch-asiatischen *Carabus* vorkommen soll, dies ist gleichfalls durchaus unbegründet. Ich sehe ab von denjenigen Formen, wo nachweislich Nebenlimes eingegangen sind, wie z. B. bei *C. Rothi* var. *latestriatus* u. s. w. Aber unter den japanischen, dem im Eingange dieser langen Anmerkung erwähnten *Carabus Wulffiusi* var. *Christophi* nahe stehenden Arten beschreibt Putzeys (Ann. S. Ent. Belg. XVIII. 1875. p. XLVI. 10.) eine mir leider unbekannte *Carabus*-Art als *C. Van Volxemi*, bei welcher Art auf jeder Flügeldecke «11 carènes étroites, égales entre elles, sauf que les 3e, 7e, et 11e sont plus larges, un peu plus relevées et une dizaine de fois interrompues de manière à former des chaînons très allongés» etc. *Carabus Van Volxemi* ist demnach eine Art, welche zwischen dem sog. Nahtstreif und dem ersten Kettenstreifen nur zwei erhabene Streifen hat, eine Angabe, welche ich nicht so hervorheben würde, wenn ich nicht selbst bei dem einzigen mir vorliegenden Weibchen des von Putzeys (l. c. p. XLVIII. 11.) gleichzeitig beschriebenen *Carabus opaculus*, obgleich Putzeys es bei dieser Art nicht erwähnt, mich davon hätte überzeugen können, dass zwischen dem feinen, leistenartig erhabenen Nahtstreif und dem ersten Costallimes nur zwei, längs ihrer Mitte fein gekielte Limes sich befinden und auch kein Raum für einen dritten Limes vorhanden ist. Bei *C. Wulffiusi* var. *Christophi* können zwischen Nahtstreif und erstem Costallimes die Zwischenlimes ganz geschwunden sein, ja, bei einem solchen Stück ist der erste an den Nahtstreif stossende Neben- oder Collimes ganz schmal und wie der Nahtstreif beschaffen, mit welchem er nach vorn auch zusammenfliesst. Ich hebe es nochmals hervor, dass bei keiner, mir in grösserer Anzahl gegenwärtig zugänglichen Art, die von Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 329.) ausgesprochene «Ueberzeugung», dass die Sculptur der Flügeldecken unter den *Carabinen* als «Gattungs-Character» in Anspruch genommen werden müsse, so sicher als unbegründet nachzuweisen ist, wie gerade bei *C. Wulffiusi* mit seinen merkwürdigen Varietäten, von welchen Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1881. p. 265.) selbst einzelne, nicht nur für verschiedene, sondern nicht einmal zunächst verwandte Arten angesehen.

Ich bemerke schliesslich noch, dass Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 216.) eine nahe verwandte, gleichfalls ostsibirische Art als *C. Gaschkewitschi* erwähnt, welchen letzteren Kraatz (l. c. p. 249.) gleich darauf aber als ihm durchaus unbekannt aufführt. Aus der Angabe über die Fühler des Männchens ist es mir nicht zweifelhaft, dass Kraatz (l. c. p. 216.) den *Carabus Raddei*, welchen ich (Bull. de l'Acad. d. sc. de St. Pétersb. V. № 4. Juin 1862. p. 242. 11.) kurz beschrieben, vor sich gehabt. Es ist dies dieselbe Art, welche Haury (Entom. Nachricht. V. 1879. p. 114. — Rev. et Mag. de Zool. 1879. p. 312.) nach einem gleichfalls vom Amur stammenden Männchen *Carabus Gossarei* genannt.

abgesehen davon, dass so manche dieser Gruppen vorläufig nicht einmal als sicher festgestellt angesehen werden können. Auch herrscht noch gar zu grosse Unsicherheit über die Einreihung so mancher *Caraben* in die angenommenen Gruppen. Indessen so unsicher in manchen Fällen Solches auch ist, so muss doch ein jeder, für eine natürliche Gruppirung der *Caraben* sich Interessirende nur Erstaunen und Trauer empfinden über die Zusammenstellung der *Caraben* in dem 1883 erschienenen «Catalogus Coleopterorum Europae et Caucasi». Thomson's Untergattung *Macrothorax* wird mit Thomson's Untergattung *Carabus* vereinigt, offenbar nur, weil in der Sculptur der *C.* (*Macrothorax*) *morbillosus* dem *C.* (*Carabus*) *Ullrichi* so ähnlich ist. *C.* (*Carabus*) *marginalis* dagegen ist neben *C.* (*Megadontus*) *aurolimbatus* gestellt, wahrscheinlich nur, weil beide in ähnlicher Weise metallisch gerandet sind; *C.* (*Carabus*) *melancholicus* neben *C.* (*Megadontus*) *exaratus*, offenbar nur, weil beide stark gerippte Flügeldecken haben; *C.* (*Carabus*) *cribratus* neben *C.* (*Melancarabus*) *cavernosus*, weil bei beiden die Flügeldecken mit tiefen Gruben versehen sind und auch *C.* (*Carabus*) *glabratus* wird als *Melancarabus* aufgeführt. Mit solchen, absolut durch nichts begründeten, zum grössten Theil dem 1876 erschienenen Géhin'schen «Catalogue des Carabides» entlehnten Zusammenstellungen durchaus einverstanden, stellt Heyden in dem Verzeichniss der Käfer Sibiriens den in seinen verwandtschaftlichen Beziehungen schon so lange richtig erkannten *C. Mac Leayi* neben *C.* (*Megadontus*) *Vietinghoffi*, aber offenbar auch nur aus dem Grunde, weil bei diesen beiden *Caraben* die Seiten des Halsschildes und der Flügeldecken so ausgezeichnet und übereinstimmend metallisch gerandet sind u. s. w. Nach ähnlichen Principien ist auch der vor Kurzem, Ende 1885 erschienene, von Géhin herausgegebene, neue «Catalogue des Carabides» zusammengestellt: hier werden Gattungen und Untergattungen, ohne dass letztere zu ersteren in Beziehung gebracht worden wären, bunt durch einander gemischt, und die meisten sind Mixturen, wie sie der Verfasser in seinem früheren Beruf sicher mit mehr Erfolg gemacht.

Wenn ich in dieser Auseinandersetzung mich hin und wieder direct gegen Kraatz gewandt, so war ich dazu gezwungen, weil ich die von ihm vertretenen Ansichten vielfach als durchaus unbegründet ansehen musste. Es unterliegt aber trotzdem gar keinem Zweifel, dass Kraatz in neuester Zeit zur Erkenntniss der *Caraben* mehr beigetragen als irgend ein Andrer, und wenn auch ihm hin und wieder Irrthümer nachgewiesen werden können, so ist eben Niemand von Irrthümern frei. Man kann Kraatz jedenfalls nicht den Vorwurf machen, dass er schwierigere Untersuchungen vermieden. Aber eben weil ich mich früher einmal über die Gattungen der *Carabinen* ausgesprochen und dabei einen diametral entgegengesetzten Standpunkt vertrat, glaubte ich es motiviren zu müssen, weshalb ich auch jetzt noch die Gattung *Carabus* in grösserem Umfange beibehalte, namentlich da Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1885. p. 150.) vor Kurzem einen Jeden, der die neuen *Carabinen*-Gattungen nicht anerkennen mag, als unter dem Druck der alten Ansicht stehend bezeichnet, dass die alte Gattung *Carabus* eine natürliche sei, während sie nach Kraatz in Wirklichkeit nur ein Conglomerat grösserer *Carabicinen* ist. Aber ich hebe es ausdrücklich hervor, dass ich in dem von Thomson angebahnten, bis jetzt eigentlich nur von Kraatz wissenschaftlich weiter

geführten Versuch einer natürlichen Gruppirung der *Caraben* den einzigen richtigen Weg sehe, den zu verfolgen mein eigenes Bestreben sein wird. Einstweilen ist das mir zugängliche Material leider aber in vielfacher Hinsicht noch keineswegs genügend dazu. Denn es müssen nicht nur möglichst viele Arten in Bezug auf die sog. Gruppenmerkmale geprüft werden, sondern auch viele gut erhaltene Individuen ein und derselben Art, ein Erforderniss, welches ich im Vorstehenden an einzelnen Beispielen nachgewiesen zu haben glaube.

Nach diesen Bemerkungen, zu welchen ich mich gezwungen sah zur Rechtfertigung der Ansicht, dass von den zahlreichen, in neuester Zeit angenommenen *Caraben*-Gattungen keine einzige als berechtigte Gattung angesehen werden darf, führe ich die nachfolgenden neuen centralasiatischen Arten als zur Gattung *Carabus* gehörig auf:

1. Carabus Regeli: Elongatus, niger, supra obscure-cupreus, prothorace parvo, cordato, lateribus tenuiter marginato, convexo, postice utrinque fovea longiuscula profunda, angulis posticis brevibus, acuminatim rotundatis; coleopteris elongato-ellipticis, dense parum profunde striatis, striis grosse punctatis, limitibus aequalibus parum convexis, costalibus vel 4°, 8° et 12° ceteris aequalibus. ♂. 13 mm.

Von der Grösse des *Carabus regulus*, aber von viel schlankerem Bau, das kleine Halsschild deutlich herzförmig, die Flügeldecken lang elliptisch, durch die schlanken Taster und Fühler, durch die nach unten nicht zehenförmig vorgezogenen Vorderschienen übrigens sehr verschieden.

Schwarz, die Flügeldecken dunkel kupfrig-bronzeschimmernd, desgleichen das Halsschild, namentlich an den Hinterecken. Der Kopf ist hinter den kleinen, fast halbkugeligen Augen eingeschnürt, welche Einschnürung auf der Oberfläche des Kopfes aber ganz verwischt ist. Der Scheitel ist mit einzelnen groben, doch sehr flachen Querrunzeln versehen, desgleichen die Stirn zwischen den Augen mit einzelnen unregelmässigen, flachen Längs- und Schrägrunzeln. Die Längseindrücke sind nach vorn zu breit und tief und fliessen mit den Seiteneindrücken des Kopfschildes zusammen; nach hinten zu verlängern sie sich, schmäler und seichter werdend, bis zwischen die Augen, wo sie nach innen bogig umgekrümmt sind. Das Kopfschild und die Oberlippe sind vorn bogig ausgerandet, letztere mit einem tiefen Quereindruck. Die Taster sind sehr schlank, das Endglied gegen die Spitze sehr wenig erweitert, an den Kiefertastern nur wenig länger als das vorhergehende, etwa $2^1/_2$ mal so lang als an der Spitze breit. Das Kinn ist flach, mit fast geraden Seiten, in der Mitte auf der vorderen Hälfte etwas aufgetrieben, vorn sehr flach ausgerandet, der Kinnzahn kurz, deutlich winkelig, eben so lang als die kurzen stumpfwinkeligen, aussen gerundeten Seitenlappen. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits eine Borste. Die Fühler etwa von halber Körperlänge, mit schlanken Gliedern.

Das Halsschild ist $1^1/_3$ mal breiter als lang, in der Mitte am breitesten und ziemlich stark gerundet, nach vorn in flachem Bogen, nach hinten in schräger Richtung verengt und seicht, doch deutlich ausgeschweift; es ist vorn und hinten nahezu gleich breit, die Vorder-

ecken sind abgerundet, der Vorderrand in der Mitte sehr schwach bogig ausgerandet, mit undeutlich abgesetztem Vorderrandwulst; der Seitenrand ist bis zu den Hinterecken sehr fein gekantet und erscheint nur im letzten Viertel etwas aufgebogen, indem das Halsschild hier längs den Seiten bis in die Hinterecken hinein furchenartig eingedrückt ist. Die Hinterzipfel sind sehr klein und kurz, jeder etwa ein Sechstel des Hinterrandes einnehmend, an der Spitze etwas abgerundet, in flachem Bogen in den in der Mitte etwas gerundeten Hinterrand übergehend. Die Oberfläche ist regelmässig und ziemlich stark gewölbt, auf dem hinteren Drittel befindet sich, dem Aussenrande nur wenig näher als der Mitte, jederseits vor der Ausbucht des Hinterrandes ein breites, längliches, ziemlich stark vertieftes Grübchen, zwischen welchem und den etwas aufgebogenen Seiten der Raum deutlich gewölbt ist und als hinten und aussen rundlich begränzte Falte fast den ganzen Hinterzipfel ausfüllt. Die Mittellinie bis an den Vorder- und Hinterrand reichend, die Querrunzelung grob, aber undeutlich und verwischt, hinten ist das Halsschild jederseits ziemlich grob runzelig punktirt, welche Punktirung sich an den Seiten nach vorn zieht, aber schon von der Mitte ab ganz fein und undeutlich ist. An den Seiten befindet sich etwas vor der Mitte eine lange Borste und eine solche an der Basis der Hinterecken. Das Schildchen ist hinten rechtwinkelig, ziemlich spitz.

Die Flügeldecken sind fast zweimal so lang als zusammen breit, lang elliptisch, gegen die abgerundeten Schultern unmerklich verschmälert, hinten stumpf gerundet. Der aufgebogene Seitenrand ist schmal gekantet und ist hinter der Mitte und zu den Schultern hin feiner. Die Flügeldecken sind nur flach gewölbt, längs dem aufgebogenen Seitenrande abgeflacht, mit feinen, ziemlich regelmässigen, doch nur schwach vertieften, der ganzen Länge nach verhältnissmässig grob punktirten Streifen, welche an der Spitze etwas verworren sind; die Zwischenräume oder Limes sind schmal, wenig, indessen deutlich gewölbt, alle gleichartig, mit einzelnen Querstricheln. Die Körnchen der Umbilicalreihe in einem deutlich vertieften, kurz vor der Spitze sich verwischenden Streifen regelmässig angeordnet, der abgesetzte Seitenrand undeutlich grobrunzelig mit sehr feinen Körnchen dazwischen, fast so breit als die beiden äussersten Limes zusammen.

Die Unterseite ist fast glatt. Die Episternen der Hinterbrust etwas kürzer als an der Basis breit. Strigae ventrales nicht vorhanden. An den hinteren Beinen sind die Schenkel an der unteren Seite abgeflacht, zur Spitze hin flach gefurcht.

Die Fühler des Männchens sind einfach. Von den vier verhältnissmässig stark erweiterten Gliedern der Vorderfüsse ist das zweite $1^1/_2$ mal so breit als lang, das dritte kaum etwas schmälere, aber deutlich kürzere doppelt so breit als lang, das vierte von gleicher Form, fast halb so gross als dieses.

Ein Männchen dieser Art fing Dr. A. Regel im Kuldsha-Gebiet.

2. Carabus politulus: Elongato-ovalis, piceo-niger, leviusculus, tibiis tarsisque rufobrunneis, prothorace postice utrinque late impresso, lateribus parum rotundato, vix sinuato, mar-

gine laterali tenui, postice paulo magis reflexo angulisque posticis minimis, brevissimis, rotundatis; coleopteris ovalibus, convexis, tenuissime punctulato-striolatis, limitibus fere planis, 8° postice, 12° post medium margineque tenuissime granulato granulis majoribus seriatis. ♂♀. 15—16½ mm.

Im Habitus dem *Carabus Regeli* nicht unähnlich, grösser und weniger schlank, glatter und glänzender, dunkel pechbraun, die Schienen und die Wurzel der Fussglieder lichter rothbraun, die Flügeldecken sehr fein und seicht gestreift, in den Streifen äusserst fein punktirt.

Der Kopf ist glatt, hinter den vorgequollenen Augen eingeschnürt, die Einschnürung auf der Oberfläche kaum angedeutet. Die Stirn dicht an den Augen mit drei bis vier vertieften Längsstricheln, die Längseindrücke der Stirn werden nach vorn zu breiter und fliessen mit dem Seiteneindruck des Kopfschildes zu einem unregelmässigen, ziemlich breiten Eindruck zusammen, der sich nach hinten zu, etwas vor den Augen, unbestimmt verliert. Das Kopfschild ist vorn sehr flach ausgerandet, die Oberlippe vorn bogig ausgeschweift und mit einem tiefen Quereindruck versehen. Die Taster sind ziemlich schlank, das Endglied gegen die Spitze etwas erweitert, an den Kiefertastern kaum etwas länger als das vorhergehende, doppelt so lang als an der Spitze breit. Das Kinn ist längs der Mitte, nach vorn zu nur wenig stärker, flach gewölbt, an den Seiten sehr stark gerundet, mit kurzen stumpfwinkeligen Seitenlappen, der Kinnzahn kurz, fein umkantet, mit scharfer Spitze, eben so lang als die Seitenlappen. Die Kehle hinter dem Kinn jederseits mit einer Borste. Die Fühler etwa von halber Körperlänge, mit mässig gestreckten Gliedern.

Das Halsschild ist etwa 1⅓ mal breiter als lang, in der Mitte am breitesten, an den Seiten fast regelmässig flach gerundet mit kaum angedeuteter Ausbucht hinter der Mitte Der Vorderrand ist kaum merklich bogig ausgerandet, mit feinem, doch scharf abgesetztem Randwulst, die Vorderecken abgerundet, der Seitenrandwulst als eine, nach hinten allmählich, doch nur wenig höher werdende Kante aufgebogen, welche an den Hinterzipfeln, etwas niedriger werdend, unbestimmt ausläuft. Jeder dieser erscheint in Form eines ganz kurzen, etwa nur ein Zehntel des Hinterrandes einnehmenden, abgerundeten Vorsprungs und geht unter sehr flacher Rundung in den geraden Hinterrand über. Die Oberfläche ist ziemlich stark und regelmässig gewölbt, sehr glatt, hinten jederseits mit einem flachen, breiten Eindruck, welcher nach aussen unbestimmt in eine Abflachung übergeht, welche allmählich sich verschmälernd längs dem Seitenrande nach vorn zieht; hinten sind die Eindrücke von den vertieften Hinterzipfeln durch eine, von der Ausbucht des Hinterrandes ausgehende, hinten und aussen bogig begränzte, undeutliche Querfalte geschieden. Die Mittellinie ist sehr fein, aber deutlich, hinten meist abgekürzt. An der Basis ist das Halsschild jederseits an den Eindrücken und den abgeflachten Seiten ziemlich grob und spärlich, etwas runzelig punktirt, welche Punktirung an den Seiten sich nach vorn zieht, allmählich feiner und undeutlicher werdend. Am Seitenrande befindet sich in der Mitte eine Borste und hinten, indessen ziemlich weit vor dem Hinterzipfel eine zweite. Das Schildchen ist hinten stumpfwinkelig.

Die Flügeldecken sind etwa $1^1/_2$ mal so lang als breit, lang eiförmig, nach vorn wenig, doch deutlich verschmälert, mit vollständig abgerundeten Schultern, am letzten Viertel am breitesten, hinten regelmässig zugerundet. Der Seitenrand ist scharf gekantet, die Kante gegen die Schulter und nach hinten niedriger werdend. Die Flügeldecken sind mässig gewölbt, längs dem Seitenrande rinnenartig vertieft, an der Basis nach innen von dem angedeuteten Schulterhöcker eingedrückt, mit äusserst feinen, sehr fein punktirten, kaum vertieften Streifen, deren glatte Zwischenräume entweder ganz eben oder nur äusserst schwach gewölbt sind. Die Punktstreifen sind nach aussen undeutlicher und verwischt, bisweilen auch nach hinten zu, wo dicht vor der Spitze eine sehr verwischte grobe Runzelung auftritt, welche längs den Seiten in eine ziemlich dichte Granulirung übergeht, die sich etwa bis in den vierzehnten Zwischenraum hineinerstreckt, wo einige unregelmässig gereihte, etwas grössere Höckerchen sich befinden. Solche Grübchenhöckerchen sind auch auf der hinteren Hälfte des zwölften Zwischenraumes vorhanden und ein paar solcher auch auf dem achten Zwischenraum kurz vor der Spitze. Die Körnchen der Umbilicalreihe dagegen sind klein, doch deutlich gereiht, dem Aussenrande doppelt so nahe als dem zwölften Zwischenraum.

Die Unterseite ist sehr undeutlich sculpirt, fast glatt. Die Episternen der Hinterbrust sind etwas kürzer als an der Basis breit, der Hinterleib ohne Querstrigae, die Schenkel auf der Unterseite mit einer deutlichen, zur Basis verschmälerten und kurz vor derselben verschwindenden Furche.

Die Fühler des Männchens sind einfach. Von den vier mässig erweiterten Gliedern der Vorderfüsse ist das zweite fast so lang als breit, das dritte etwas schmälere und kürzere etwa $1^1/_3$ mal breiter als lang, das vierte noch kürzer und schmäler und etwa $1^1/_2$ mal so breit als lang. Die Spitze des Forceps ist kurz, breit dreieckig.

Von Przewalski auf dem kleinen Juldus im Tjan-schan in einer Höhe von 8—9000′ gesammelt.

3. Carabus cicatricosulus: Niger, nitidus, prothorace minus transverso, lateribus haud explanatis ad angulos posticos breves rotundatosque parum elevatis, postice utrinque foveola parum profunda; coleopteris ellipticis, sat convexis, foveis magnis sexseriatis serieque foveolarum externa septima minus distincta cum limbo asperato-tuberculato plus minusve confluente. ♂♀. 18—21 mm.

Auf den ersten Blick dem *Carabus Bogdanowi* nicht unähnlich, durch die kurzen und abgerundeten Hinterzipfel des Halsschildes und die mit grossen, in Reihen angeordneten, nach vorn zu mit einem deutlichen Höckerchen versehenen Gruben der Flügeldecken sehr ausgezeichnet.

Siegellackschwarz, der Kopf hinter den gewölbten Augen mit einer nur an den Seiten deutlichen, nach oben zu verschwindenden Einschnürung, der Scheitel undeutlich querrunzelig, die Stirn an den Seiten gröber unregelmässig längs gerunzelt, dazwischen mit sehr feinen, nach innen undeutlicheren Pünktchen spärlich besetzt. Die Stirn ist im Ganzen ziem-

lich flach gewölbt, die Seiteneindrücke fehlen ganz oder sind nur vorn als kurze und flache Vertiefungen schwach angedeutet. Das Kopfschild ist vorn bogig ausgerandet, jederseits mit einem sehr schmalen Längseindruck, die ausgerandete Oberlippe mit einem schmalen und tiefen Quereindruck. Die Taster sind ziemlich dick, das Endglied zur Spitze ziemlich stark erweitert, etwa $1^1/_2$ mal so lang als an der Spitze breit und an den Kiefertastern fast $1^1/_2$ mal so lang als das vorletzte, etwas verkürzte Tasterglied. Am Kinn sind die Seitenlappen aussen fast schräg begränzt, nach vorn etwas verjüngt, nur wenig länger als der scharfe Kinnzahn. Hinter dem Kinn befinden sich jederseits ein oder zwei Borstenpunkte. Die Fühler sind ziemlich dick, beim Männchen etwa halb so lang als der Körper, beim Weibchen etwas kürzer, das dritte Fühlerglied eben so lang als das erste und etwa $1^1/_2$ mal so lang als das zweite und vierte.

Das Halsschild ist etwa $1^1/_3$ mal breiter als lang, in der Mitte am breitesten, nach hinten sehr wenig verengt, nach vorn in flacher Rundung etwas stärker verschmälert und an den abgerundeten Vorderecken deutlich schmäler als am Hinterrande. Der Vorderrand ist in der Mitte in flachem Bogen ausgerandet, der Randwulst deutlich, nach aussen feiner werdend und in den Randwulst der Seiten übergehend, welche am hinteren Viertel ein wenig aufgebogen sind. Von den abgerundeten Hinterzipfeln nimmt jeder etwa nur ein Fünftel des Hinterrandes ein und geht in einem flachen Bogen in den geraden Hinterrand über; sie sind kurz, beim Männchen etwa dreimal so breit wie lang, beim Weibchen noch kürzer, fast viermal so breit wie lang und ragen nach hinten nur wenig vor; durch die aufgebogenen Seiten erscheinen sie nach aussen zu etwas ausgehöhlt. Die Oberfläche ist bis an den Seitenwulst ziemlich regelmässig gewölbt und von einer feinen, auf der hinteren Hälfte etwas stärker vertieften Mittellinie durchzogen, welche hier in einen schmalen Quereindruck mündet, mit welchem jederseits ein seichtes Grübchen zusammenhängt, welches sich vor der Ausbucht des Hinterrandes befindet. Das Halsschild ist sehr fein und undeutlich gerunzelt, hinten jederseits deutlich, doch nicht sehr dicht, hinter dem Quereindruck etwas spärlicher und flacher punktirt; längs den Seiten zieht sich die Punktirung, an Stärke und Ausdehnung allmählich abnehmend, bis an den Vorderrand.

Die Flügeldecken sind an den Schultern stumpf gerundet, $1^1/_2$ mal so lang als zusammen breit, länglich elliptisch, ziemlich stark gewölbt, hinten regelmässig gerundet, der Seitenrand schmal, nach vorn zu stärker aufgebogen und längs demselben mit gedrängten, nach hinten zu undeutlicher werdenden, ziemlich kleinen Höckerchen besetzt. Im Uebrigen sind die Flügeldecken mit sechs Reihen grosser, unregelmässig rundlich viereckiger Gruben versehen, von welchen eine jede nach vorn zu ein ziemlich grosses Höckerchen führt. Die Gruben der zweiten, vierten und sechsten Reihe sind etwas grösser. Der Raum zwischen je zwei Reihen stellenweise der Länge nach deutlich gewölbt, desgleichen befinden sich Aufwölbungen zwischen einzelnen der auf einanderfolgenden Gruben, welche beim Männchen stellenweise beiderseits mit einzelnen längsgereihten, ziemlich groben Punkten besetzt sind, den Ueberresten der unterbrochenen, beim Weibchen ganz erloschenen Punktstreifen. Nach aussen

von der sechsten Reihe befinden sich einige weniger grosse, längsgereihte Grübchen, welche sich aber nicht deutlich von den gedrängten Höckerchen längs dem Aussenrande absondern.

Die Unterseite ist fast glatt. Die Seiten des Hinterleibs fein und etwas verwischt punktirt, nach vorn zu deutlicher und etwas gedrängter; in solcher Weise sind auch die Episternen der Hinterbrust punktirt, welche kaum etwas länger als an der Basis breit sind. Die Strigae abdominales sind fein, doch scharf markirt. Die hinteren Schenkel sind an der Unterseite breit gefurcht.

Die Fühler des Männchens sind einfach. Von den vier erweiterten Gliedern der Vorderfüsse ist das zweite etwa $1^1/_2$ mal so breit als lang, das dritte kürzer als dieses und fast doppelt so breit als lang, das vierte noch kürzer und schmäler als das vorhergehende, doppelt so breit als lang.

Von Dr. A. Regel im Kuldsha-Gebiet gesammelt.

4. Carabus aeneolus: Supra laete viridi-aeneus, subtus piceus, tibiis tarsisque rufo-brunneis, capite oculis parvis, leviusculo, prothorace minus transverso lateribus explanatis et elevatis, angulis posticis latis, acuminatis, sat longis; coleopteris convexiusculis, parum profunde striatis, limitibus aequalibus, parum convexis, 4°, 8° et 12° catenatis. ♀. 14 mm.

Auf den ersten Blick erinnert diese Art etwas an *Carabus Deyrollei*. Das mir vorliegende weibliche Exemplar ist oben lebhaft metallisch grün, der Kopf nach vorn zu etwas kupferig, im Uebrigen ist der Körper pechbraun, stellenweise mit undeutlichem Metallglanz, das zweite bis vierte Fühlerglied an der Basis und die Schienen und Füsse bräunlich roth, desgleichen die Mundtheile braun und röthlich.

Der Kopf mit kleinen, doch stark gewölbten Augen, der Scheitel mit einzelnen ganz schwachen Runzeln, ohne Querfurche zwischen Scheitel und Stirn. Letztere ist jederseits ziemlich grob schräg und an den Augen längs gerunzelt, im Uebrigen sehr glatt, zwischen den Fühlern jederseits mit einem, nach vorn sich erweiternden und stärker vertieften Längseindruck versehen, welcher mit der entsprechenden Vertiefung des flach ausgerandeten Kopfschildes zu einem unregelmässig dreieckigen Eindruck zusammenfliesst. Die Oberlippe ist tiefer ausgerandet, in der Mitte unbestimmt eingedrückt. Die Taster sind schlank, an den Kiefertastern das Endglied kaum länger als das vorhergehende, gegen die Spitze sehr allmählich breiter werdend, doppelt so lang als an der Spitze breit. Das Kinn ist an den Seiten in starkem Bogen gerundet, flach, in der Mitte nach vorn zu etwas erhöht, vorn flach ausgerandet, der Kinnzahn mit scharfer Spitze, fein umkantet, kaum kürzer als die Seitenlappen. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits eine Borste. Die Fühler sind schlank, von halber Körperlänge.

Das Halsschild ist etwas weniger als $1^1/_2$ mal so breit wie lang und erscheint etwas quer viereckig; es ist in der Mitte am breitesten, nach hinten kaum merklich verschmälert, nach vorn flach zugerundet und an den kleinen, wenig vorstehenden, abgerundeten Vorder-

ecken deutlich schmäler als am Hinterrande. Der Vorderrand ist kaum merklich bogig ausgerandet, der Randwulst deutlich, nach aussen feiner werdend, die Seiten der ganzen Länge nach abgeflacht und vorn sehr schmal, nach hinten zu allmählich breiter, aufgebogen, die sie innen begränzende Seitenrinne in der Mitte der Basis der Hinterzipfel unbestimmt sich verlierend. Die Hinterzipfel ragen nach hinten stark vor, sind etwa doppelt so breit als lang und jeder nimmt fast ein Viertel des Hinterrandes ein; sie sind zugespitzt gerundet, innen schräg begränzt und gehen unter einem flachen Bogen in den etwas gerundeten Hinterrand über. Die Oberfläche ist nur flach gewölbt, mit einer deutlichen, die ganze Länge durchziehenden Mittellinie, jederseits vor der Ausbucht des Hinterrandes mit einem rundlichen Grübchen, vor welchem ein langer, nach vorn bis über die Mitte sich erstreckender, undeutlicher Längseindruck sich befindet; vor dem Vorderrande ist das Halsschild undeutlich quer eingedrückt. Die Runzelung ist nur stellenweise sehr undeutlich wahrnehmbar; hinten ist das Halsschild jederseits ziemlich grob, doch etwas zerstreut runzelig punktirt, welche Punktirung, nach vorn allmählich feiner und undeutlicher werdend, längs den Seiten bis an den Vorderrand sich erstreckt. An den Seiten befindet sich in der Mitte eine Borste und eine zweite an der Basis der Hinterzipfel.

Die Flügeldecken sind etwa $1^1/_2$ mal so lang als breit, mit seitlich über das Halsschild vorstehenden, deutlichen, doch abgerundeten Schultern, bis zur Mitte sehr wenig erweitert, zur Spitze allmählich zugerundet, mit kaum angedeuteter Ausbucht vor derselben. Der vorn ziemlich stark aufgebogene Seitenrand wird nach hinten zu allmählich feiner und ist hinter dem letzten Drittel nur noch als scharfe Kante wahrnehmbar. Die Oberfläche ist flach gewölbt, längs dem Seitenrande breit gerinnt, mit leicht vertieften, doch regelmässigen Streifen versehen, die flach und undeutlich punktirt sind und nur gegen die Spitze etwas unregelmässig werden. Der Scutallerstreif ist lang. Die Zwischenräume oder Limes sind flach, indessen deutlich gewölbt, sehr fein chagrinirt, der vierte, achte und zwölfte durch seichte, indessen deutliche und den ganzen Limes einnehmende, vorn mit einem Höckerchen versehene Gruben in Kettenstreifen aufgelöst. Die Körnchen der Umbilicalreihe sind sehr deutlich, folgen dicht aufeinander, der Raum zwischen dieser und dem aufgebogenen Seitenrande ziemlich breit, undeutlich und fein runzelig gekörnelt, nur wenig schmäler als der Abstand der Umbilicalreihe von dem äussersten Kettenstreifen.

Die Unterseite ist sehr undeutlich sculpirt, fast glatt. Die Episternen der Hinterbrust etwas kürzer als an der Basis breit; der Hinterleib ohne Strigae abdominales, die hinteren Schenkel an der Unterseite der Länge nach gefurcht.

Ein Weibchen dieser Art, welches am Almatinschen Pass in etwa 10000′ Höhe von A. Kuschakewitsch gesammelt worden, verdankt unser Museum Herrn Balassoglo, welcher es von Herrn v. Ssemonow erhalten. Diese, irrigerweise als Ballion's *Carabus angustatus* in Anspruch genommene Art dürfte von den von Ballion beschriebenen *Caraben* dem mir unbekannt gebliebenen *Carabus Lindemanni* zunächst verwandt sein.

5. Carabus sororius: Elongato-ovalis, niger, capite oculis sat magnis, parce punctato, prothorace minus transverso, lateribus ante angulos posticos latos magis reflexis, coleopteris convexiusculis, punctato-striatis, limitibus aequalibus, convexis, 4° ante apicem, 8° postice et 12° post medium foveolis interruptis. ♀. 19½ mm.

Diese Art, von welcher mir leider nur ein Weibchen vorliegt, ist dem *Carabus subparallelus* sehr ähnlich, aber grösser und gestreckter; das Halsschild ist deutlich länger, nur 1⅓ mal breiter als lang, am Vorderrande in tieferem Bogen ausgerandet, mit längeren, nach vorn etwas vorragenden Vorderzipfeln und bis zum aufgebogenen Rande flach gewölbten Hinterzipfeln; die Flügeldecken mit tieferen, grob punktirten Streifen, deren Zwischenräume deutlich gewölbt und durchaus glatt sind, während längs dem aufgebogenen Rande grobe, regelmässig gereihte Körnchen sich befinden.

Schwarz, matt, Kopf und Halsschild schwach glänzend. Der Kopf ist hinter den stark gewölbten Augen mit einer sehr flachen Einschnürung versehen, vor welcher sich einzelne ziemlich grobe Punkte befinden; im Uebrigen ist der Kopf glatt, jederseits längs den Augen fein gestrichelt und mit nach hinten bis zur Mitte der Augen sich erstreckenden und hier gegen einander eingebogenen Seiteneindrücken versehen. Das Kopfschild ist am Vorderrande in flachem Bogen ausgerandet, die Oberlippe mit einer etwas tieferen Ausbucht versehen und mit einem deutlichen Quereindruck. Die Taster sind ziemlich dünn, das Endglied gegen die Spitze schwach erweitert, an den Kiefertastern etwa doppelt so lang als am Endrande breit und so lang als das vorhergehende. Das Kinn ist an den Seiten gerundet, mit abgerundeten Seitenlappen und flacher, scharf umkanteter Ausrandung, welche Kante auch den flachen, dreieckigen, scharfwinkeligen Kinnzahn umsäumt; in der Mitte ist das Kinn nach vorn zu etwas aufgewölbt, welche Wölbung den Vorderrand nicht erreicht, sondern durch eine deutliche Querfurche von demselben geschieden erscheint. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits eine Borste. Die Fühler, von etwa halber Körperlänge, sind ziemlich schlank, das zweite Fühlerglied ein wenig kürzer als das vierte.

Das Halsschild ist 1⅓ mal breiter als lang, in der Mitte am breitesten, an den Seiten schwach gerundet und nach vorn etwas mehr als nach hinten verjüngt, so dass das Halsschild an den nach vorn etwas vorstehenden, abgerundeten Vorderecken deutlich schmäler erscheint als hinten. Der Vorderrand ist deutlich bogig ausgerandet, der Vorderrandwulst scharf abgesetzt, nach aussen feiner werdend und bis zur Seitenfurche des Halsschildes reichend. Der Seitenrand ist deutlich aufgebogen, vor den Hinterzipfeln breiter und stärker erhöht, und läuft die Seitenfurche hinten in fast gerader Richtung nahe am Aussenrande in den Hinterzipfel aus. Jeder dieser an ihrem Ende winkeligen, kaum etwas abgerundeten Hinterzipfel ist doppelt so breit als lang und nimmt fast ein Viertel des Hinterrandes ein; sie sind hinten und innen sehr schräg, etwas bogig begränzt und gehen unter einem deutlichen Bogen in den mitten etwas gerundeten Hinterrand über. Oben ist das Halsschild deutlich gewölbt, längs der Seitenfurche, nach hinten zu breiter, beinahe abgeflacht, welche flachere Wölbung sich in den Hinterzipfel hinein und bis zu dem aufgebogenen Seitenrand desselben

erstreckt. Längs dem Hinterrande ist das Halsschild gleichfalls abgeflacht und jederseits mit einem breiten, doch undeutlichen Eindruck versehen, der dem Seitenrande kaum etwas näher steht als der feinen, doch deutlichen, kurz vor dem Hinterrande abgekürzten Mittelfurche. Die ganze Basis ist grob, etwas runzelig punktirt, und zieht sich diese Punktirung längs der Seitenrinne des Halsschildes, allmählich feiner und schwächer werdend, bis nach vorn hin; längs dem Vorderrande befinden sich einzelne etwas gröbere Punkte; im Uebrigen ist die gewölbte Scheibe des Halsschildes durchaus glatt, mit Spuren welliger Querrunzeln, welche nach hinten an Stärke allmählich zunehmen und mit der Punktirung zusammenfliessen.

Die Flügeldecken sind ziemlich gestreckt, $1^1/_2$ mal so lang als zusammen breit, fast elliptisch, nach vorn sehr wenig verjüngt, indem der Seitenrand an den deutlichen Schultern in starker Krümmung sich zur Basis plötzlich umbiegt; nach hinten zu sind sie etwas zugespitzt gerundet, mit kaum merklicher Ausbucht vor der Spitze. Sie sind nur mässig gewölbt, längs dem scharf aufgebogenen, vor der Spitze allmählich verschwindenden, an den Schultern nur wenig feiner werdenden Seitenrande etwas abgeflacht und mit groben, regelmässig längsgereihten, an einander stossenden und hin und wieder zusammenfliessenden Körnchen dicht bedeckt; im Uebrigen sind sie mit regelmässigen, grob punktirten, ziemlich tiefen Streifen versehen, deren Zwischenräume deutlich gewölbt sind, und von welchen der vierte im hinteren Viertel, der achte auf dem hinteren Drittel und der zwölfte auf der hinteren Hälfte durch kleine, aber deutliche Grübchen unterbrochen werden, welchen nach vorn zu ein deutliches Höckerchen sich anschliesst; zur Spitze werden die Streifen unregelmässiger und tritt zwischen den groben Punkten eine deutliche Runzelung auf. Innerhalb der Schulterecken sind die Flügeldecken an der Basis breit eingedrückt und sind hier die Streifen sehr fein, die äusseren fast verwischt.

Die Unterseite ist beinahe glatt, auch Strigae ventrales sind nicht angedeutet. Die hinteren Schenkel sind an der Unterseite breit gefurcht, welche Furche auf der Basalhälfte schwächer und undeutlicher ist.

Ein Weibchen dieser Art fand Przewalski im Waldgebiet des Tjan-schan am Flusse Kungess in etwa 4000′ Höhe.

6. Carabus cateniger: Oblongus, niger, supra cupreo-vel viridi-aeneus, parum nitidus tibiis tarsisque rufo-brunneis, prothorace minus transverso, lateribus anguste elevato, margine antico tenuiter calloso, callo externe abbreviato, angulis posticis sat magnis, triangularibus; coleopteris ovalibus, dense striatis, limitibus costalibus latioribus foveis magnis distincte catenatis, inter catenas limitibus septem angustis, interlimitibus humilioribus in granulis dissolutis, limbo tenuissime granulato, granulis vix seriatis, umbilicalibus majoribus. ♂♀ 15—18 mm.

Mit den Arten der *Carabus sylvestris*-Gruppe hinsichtlich der Sculptur der Flügeldecken übereinstimmend. Die Oberseite ist matt glänzend, hell kupfrig bronzefarben, der Kopf

und das Halsschild mehr oder weniger grünlich, bei einem Männchen lebhaft grün metallisch, auch an den Seiten der Flügeldecken, während der Rücken derselben nur schwach grünlich angehaucht erscheint. Die Unterseite ist pechschwarz, die Schienen röthlichbraun mit pechbrauner Spitze; auch die Fuss- und Tasterglieder und das zweite, dritte und vierte Fühlerglied an der Wurzel mehr oder weniger röthlichbraun.

Der Kopf ist hinter den gewölbten Augen eingeschnürt, die Einschnürung auf der Oberfläche sehr seicht, hinter derselben der Quere nach, vor derselben in der Mitte unregelmässig, an den Seiten dagegen mehr oder weniger der Länge nach gerunzelt. Die seitlichen Längseindrücke sind ziemlich breit, nach hinten etwa bis zur Mitte der Augen sich erstreckend, einander fast parallel. Die Oberlippe ist vorn tief bogig ausgerandet, mit einem tiefen, auf das Kopfschild nach hinten übergehenden Quereindruck. Die Taster sind ziemlich kurz, das Endglied gegen die Spitze deutlich erweitert, an den Kiefertastern eben so lang als das vorhergehende und etwas weniger als zweimal so lang als an der Spitze breit. Das Kinn ist flach, in der Mitte der ganzen Länge breit und flach erhöht, die vordere Ausrandung seicht, scharf umkantet, der Kinnzahn so lang als die Seitenlappen, sehr spitz, gekielt. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits eine Borste. Die Fühler sind etwas kürzer als der halbe Körper, die einzelnen Glieder nur mässig gestreckt.

Das Halsschild ist etwas weniger als $1^1/_2$ mal so breit wie lang, vorn fast gerade, mit etwas stumpfwinkelig abgerundeten Vorderecken, an den Seiten sehr wenig oder doch nur mässig gerundet, vor der Mitte am breitesten, nach vorn zugerundet, nach hinten schräg, in fast gerader Linie, übrigens nicht stärker als nach vorn verengt, so dass das Halsschild an den Vorder- und Hinterecken gleichbreit ist. Der Vorderrandwulst ist fein und verschwindet nach aussen vor den Vorderecken, der schmale Seitenrand ist der ganzen Länge nach aufgebogen und nimmt gegen die Vorderecken an Höhe allmählich ab; die ihn innen absetzende Seitenrandfurche läuft dicht an der äusseren Seite der Hinterecken in die Spitze derselben aus. Von den Hinterzipfeln nimmt jeder ein Viertel des Hinterrandes ein, ist innen schräg begränzt und geht unter einem stumpfen Winkel in den geraden Hinterrand über; sie sind an ihrer Spitze nur undeutlich abgerundet und erscheinen daher als breite, zugespitzte, nach hinten gerade vorragende Zipfel. Die Oberfläche des Halsschildes ist hinten etwas abgeflacht, mit einem verwischten Quereindruck, nach vorn zu flach, doch deutlich gewölbt, welche Wölbung aussen rundlich begränzt erscheint durch die abgeflachten Seiten des Halsschildes, in welche die Wulstung der Hinterzipfel unbestimmt ausläuft. Hinten ist das Halsschild jederseits entweder ganz ohne Eindruck oder mit einem, von der Ausbucht des Hinterrandes ausgehenden, flachen Längseindruck versehen; die Mittelfurche ist fein, hinten an der Querfurche und vorn an einem flachen, undeutlich dreieckigen Eindruck abgekürzt. Die Sculptur besteht aus einer undeutlichen Runzelung, welche zur Basis und nach den Seiten zu in eine nach vorn allmählich schwächer werdende ziemlich grobe, doch flache, runzelige Punktirung übergeht, welche aber in der Mitte der Basis auch ganz verwischt sein

kann. An den Seiten befindet sich ein Borstenpunkt vor der Mitte und ein zweiter an der Basis der Hinterzipfel. Das Schildchen ist an der Spitze stumpfwinkelig.

Die Flügeldecken sind beim Weibchen eiförmig, etwas mehr als $1^1/_2$ mal so lang als breit, beim Männchen länglich eiförmig, $1^2/_3$ mal so lang wie breit und nach vorn weniger als beim Weibchen verschmälert, hinten ziemlich stumpf gerundet, mit kaum angedeuteter Ausbucht vor der Spitze, an den Schultern stumpf abgerundet. Der scharfe, doch nur schmal aufgebogene Seitenrand nimmt nach hinten an Höhe allmählich ab. Die Oberfläche ist sanft gewölbt, längs dem aufgebogenen Seitenrande flach gerinnt, mit feinen Kiellinien und drei Reihen grosser, rundlicher, im Grunde nicht stärker glänzender Gruben versehen, welche je drei von diesen Kiellinien unterbrechen, von welchen die mittlere sehr viel dicker und auch etwas höher als alle anderen als deutlicher Kettenstreif mit langgestreckten Gliedern sich darstellt. Von den feinen Kiellinien sind die alternirenden deutlich niedriger und meist in einzelne Körnchen aufgelöst, nach aussen von der dritten Reihe der Gruben sind überhaupt nur ziemlich dicht stehende, aber sehr feine Körnchen vorhanden, welche nur stellenweise längs gereiht erscheinen und zwischen welchen die spärlicheren, indessen grösseren Umbilicalkörnchen als regelmässige Reihe deutlich hervortreten. Der dritte Kettenstreif ist von dem zweiten weiter entfernt als von den Körnchen der Umbilicalreihe, welche sich fast in der Mitte zwischen dem dritten Kettenstreifen und dem Aussenrande befinden.

Die Unterseite ist fast vollständig glatt. Die Episternen der Hinterbrust sind kaum so lang als an der Basis breit, die Strigae ventrales fehlen vollständig. Die Schenkel sind an der Unterseite abgeflacht, kurz vor der Spitze undeutlich gefurcht.

An den Fühlern des Männchens ist das sechste, siebente und achte Glied vor der Spitze an der unteren Seite etwas angeschwollen und der Länge nach mit einer aussen convexen Kiellinie versehen, welcher sich nach innen eine deutliche Glättung anschliesst; das fünfte und auch das neunte Fühlerglied mit stumpfer, etwas geglätteter Längslinie. Der Forceps ähnlich wie bei *Carabus alpestris*, nur ist die Spitze etwa um ein Drittel breiter. Von den vier erweiterten Gliedern der Vorderfüsse ist das zweite etwa $1^1/_3$ mal breiter als lang, das dritte ganz ähnlich, nur etwas schmäler und kürzer, das vierte fast doppelt so kurz und doppelt so schmal wie letzteres und etwa $1^1/_2$ mal so breit als lang.

In den Alpen der Provinz Kanssu des südwestlichen China von Przewalski gesammelt.

7. Carabus (Pagocarabus) diruptus: Elongato-ovalis, niger, pronoto elytrisque lateribus vix coerulescens, capite cum collo supra pronotoque grosse punctatis, rugulosis; coleopteris dense obtuse carinatis, carinis omnibus interruptis, 4^a, 8^a et 12^a paulo evidentioribus. ♀ 23 mm.

Im Habitus ist diese Art einem schlanken *Carabus Adamsi* nicht ganz unähnlich, ist auch sonst Thomson's Untergattung *Sphodristus* jedenfalls zunächst verwandt und steht dieser Gruppe auch durch die feine und dichte Behaarung des Enddrittels des vierten Fühlergliedes nahe, weicht aber durch den Bau des Kinns und die fehlenden Abdominalstrigae unter Anderm sehr wesentlich ab.

Das einzige mir vorliegende Weibchen ist schwarz, ziemlich matt, Halsschild und Flügeldecken an den Rändern mit undeutlichem bläulichem Schimmer. Der Kopf ist ziemlich gestreckt, hinter den vorgequollenen Augen mit einer auch oben deutlichen Einschnürung, der Hals oben und die Stirn grob und ziemlich dicht, etwas runzelig punktirt, mit einzelnen Längsrunzeln am Innenrande der Augen. Die Stirneindrücke sind aussen stark convex, zwischen den Augen auf einander zugekrümmt. Das Kopfschild ist vorn schwach ausgerandet mit stumpfen Vorderecken, die Seiteneindrücke vorn kreisförmig gerundet, die nach vorn nur sehr wenig erweiterte Oberlippe in tiefem Bogen ausgerandet. Das Kinn ist in der Mitte der Länge nach flach gewölbt, nach vorn verschmälert, an den Seiten flach gerundet, die Seitenlappen kurz, vorn stumpf gerundet, von etwa ein Drittel der Länge des Kinns, innen fein gekantet, die vordere Ausrandung ziemlich breit, der Kinnzahn klein, etwas kürzer als die Seitenlappen, mit einer nach vorn spitz auslaufenden, nach hinten stark erweiterten und mit der Wölbung des Kinns zusammenfliessenden Längserhöhung. Die Kehle hinter dem Kinn stark gewölbt, jederseits ohne Borste. An den Tastern ist das Endglied zur Spitze deutlich erweitert und an den Kiefertastern so lang als das vorhergehende Glied, etwa $1^1/_2$ mal so lang als an der Spitze breit. Die Fühler sind etwas kürzer als der halbe Körper.

Das Halsschild erscheint ziemlich gestreckt, kaum $1^1/_4$ mal breiter als lang, vor der Mitte gerundet, hinten seicht ausgeschweift, nach vorn zugerundet und stärker verengt als nach hinten und an den stumpfen, abgerundeten Vorderecken deutlich schmäler als hinten. Der Vorderrand ist in flachem Bogen ausgerandet, der Wulst an demselben deutlich, nach aussen feiner werdend, in den Wulst des Seitenrandes übergehend, welcher vor den Hinterecken etwas aufgebogen ist und die Hinterzipfel umsäumt, an der Ausbucht des Hinterrandes aber vollständig verschwindet. Die Hinterzipfel sind sehr kurz, jeder nimmt etwa ein Fünftel des Hinterrandes ein, ist aussen bogig, so dass die abgerundete Spitze in der Mitte des Zipfels sich befindet, innen dagegen sehr schräg begränzt, in einem sehr flachen Bogen in den mitten etwas gerundeten Hinterrand übergehend. Die Oberfläche ist mässig, doch ziemlich regelmässig gewölbt, nur längs den Seiten, doch auch sehr undeutlich und schmal abgeflacht, überall sehr grob und dicht, runzelig punktirt, die Mittellinie sehr fein, durch die Runzelung zum Theil unterbrochen, der Eindruck vor der Ausbucht des Hinterrandes als flaches rundliches Grübchen kaum angedeutet; an den Seiten mit einer Borste an der Basis der Hinterzipfel und in und vor der Mitte mit noch vier Borstenhaaren. Das Schildchen ist in der Mitte etwas vertieft, am hinteren Ende deutlich stumpfwinkelig.

Die Flügeldecken sind lang eiförmig, $1^2/_3$ mal länger als zusammen breit, an den Seiten mässig gerundet, von den vollständig abgerundeten Schultern nach hinten allmählich bis zum hinteren Drittel erweitert, vor der stumpf gerundeten Spitze deutlich ausgeschweift. Die Seitenkante ist sehr fein aufgebogen. Die Flügeldecken sind mässig gewölbt, längs dem Seitenrande etwas abgeflacht vertieft, mit stumpfen, vielfach unterbrochenen Längskielen bedeckt, von welchen der vierte, achte und zwölfte aus längeren Gliedern gebildet und durch

grössere Gruben unterbrochen sind; die äusseren Längskiele bestehen aus nur theilweise gereihten, kurzen, nach hinten stumpf zugespitzten rundlichen Höckern, wie sich solche längs dem ganzen Aussenrande befinden; an der Spitze geht die Sculptur in eine sehr grobe Runzelung über.

Die Unterseite ist fast glatt. Die Episternen der Hinterbrust, welche etwas breiter wie lang sind, und die Seiten des Hinterleibs verwischt gerunzelt und mit ziemlich grossen, doch ganz seichten Punkten spärlich besetzt, am deutlichsten auf dem ersten Abdominalsegment.

Ein Weibchen dieser Art fand Przewalski in den Alpen der Provinz Kanssu.

Wie schon erwähnt, muss diese Art als Repräsentant einer eigenen, Thomson's Untergattung *Sphodristus* übrigens sehr nahe verwandten Gruppe angesehen werden:

Subgenus **Pagocarabus.**

Mandibulae elongatae, externe parum rotundatae, mala interna dente apicali valido acuto, basali rectangulari vix ullo, mandibulae dextrae longa, sinistrae brevissima.

Palpi minus elongati, articulo ultimo subsecuriformi, penultimo labialium bisetoso.

Mentum planum, medio parum convexum, lateribus minus rotundatum, sinu sat lato, dente minuto acuto lobis antice rotundatis breviore.

Gula post mentum punctis setigeris nullis.

Antennae articulo primo subcylindrico, tertio aequali quam secundo sesqui longiore, quarto secundo fere aequali, apice latius dense tenuiter pubescenti.

Pronotum lateribus setis quinque.

Abdomen punctis setigeris ordinariis completis strigisque ventralibus nullis.

Pedes sat graciles, coxis posticis puncto basali femoribusque infra sulco bene determinato.

Wenn ich diese Art als Repräsentanten einer eigenen Gruppe ansehe, trotz vielfacher unzweifelhafter Uebereinstimmung dieser Art mit den Arten der Thomson'schen Untergattung *Sphodristus*, so geschieht es vornehmlich aus dem Grunde, weil die *Sphodristus*-Arten eine ausgezeichnet homogene Gruppe bilden, deren Charakteristik durch Hinzuziehung des *Carabus diruptus* kaum noch anders als durch die Behaarung der Spitze des vierten Fühlergliedes möglich wäre, was aber ein höchst zweifelhaftes Gruppenmerkmal ist. Die *Sphodristus*-Arten sind, abgesehen von der deutlich zweizähnigen inneren Lade der Mandibeln, mit einem kleinen und schmalen Kinnausschnitt versehen, ähnlich wie bei den Arten der *Procrustes*-Gruppe, und da alle *Sphodristus*-Arten in dieser Hinsicht unter einander übereinstimmen, so glaube ich, dass dieses Merkmal für die Charakteristik der *Sphodristus*-Gruppe in erster Linie zu beachten ist.

Was den Namen *Sphodristus* anbetrifft, so halte ich es nicht für unwahrscheinlich, dass die Uebertragung des Motschulsky'schen Namens *Sphodristus* auf die von Thomson angenommene, nur kaukasische und kleinasiatische Arten enthaltende Untergattung, trotz neuerdings gemachter Einwendungen, dennoch richtig ist. Denn die von Motschulsky (Etud. Entom. 1857. fig. 8.) mitgetheilte Abbildung des *Carabus acuticollis*, auf welchen ein-

zig und allein Motschulsky (Bull. de Mosc. 1865. II. p. 295.) später seine Gattung *Sphodristus* errichtet, erinnert von den mir bekannten *Caraben*, wegen der langen Mandibeln und der nach hinten spitz vorgezogenen Hinterecken und der in der Abbildung angegebenen schmalen Längseindrücke des Halsschildes am meisten an *Carabus macrogonus* (*Theophilei*) und dürfte der *Carabus acuticollis* dem mir unbekannten grössten, flachsten und gestrecktesten *Sphodristus*, dem *Carabus Kindermanni* nämlich, noch näher verwandt sein. Géhin (Catalog. des Carab. 1885. p. XI.) gibt über das von ihm angenommene, auf Motschulsky's *Carabus acuticollis* beschränkte sousgenre *Sphodristus* nichts Wesentliches an; die von Géhin als *Carabus acuticollis* in Anspruch genommene Art ist aber sicher falsch bestimmt, wie aus Géhin's Angabe «élytres presque lisses» unzweifelhaft hervorgeht, und hat Géhin wahrscheinlich den mir gleichfalls unbekannten *Carabus* (*Procrusticus*) *Paiafa* fälschlicherweise für *Carabus* (*Sphodristus*) *acuticollis* angesehen. Géhin hat wahrscheinlich Motschulsky's in den Etudes 1857 gegebene Abbildung gar nicht gesehen, da er zwar eine Abbildung, aber eine angeblich in den Etudes 1858 enthaltene citirt.

Unter dem Namen *Carabus* (*Procrusticus*) *Paiafa* (= *Sphodristus acuticollis* Géhin, non Motsch.) hat White (Ann. Nat. Hist. 1 ser. XV. 1845. p. 111.) einen «from both *Carabus* and *Procrustes*» abweichenden, in Lycien bei Xanthus in Kleinasien gefundenen «smooth *Carabus*, with thick legs and dilated thorax» leider nur ganz oberflächlich bekannt gemacht. Die von White (l. c. t. 8. f. 3.) gegebene, überaus rohe Abbildung dieses *Carabus* (*Procrusticus*) *Paiafa* erinnert etwas an *Sphodrus gigas* und Verwandte, und unter den mir bekannten *Caraben* am meisten an *Carabus robustus*. Es wäre daher vielleicht möglich, den Namen *Procrusticus* für Thomson's Untergattung *Tribax* (excl. *C. Hemprichi*) zu verwenden, für welche Untergattung Motschulsky's, von λαμπρότατος abgeleiteter, corrumpirter Name *Lamprostus* dann hinfällig wäre. Das von White abgebildete Exemplar des *C. Paiafa* scheint ein Männchen zu sein, an dessen Vorderfüssen nur die drei ersten Glieder erweitert zu sein scheinen. Der Kopf erscheint dick, hinter den kleinen, kaum gewölbten Augen gar nicht eingeschnürt, die Oberlippe dreilappig (l. c. fig. 3 et 3^a.), die Mandibeln mit undeutlicher innerer Lade, wie Solches bei einzelnen Männchen des *Carabus prasinus* hin und wieder der Fall ist; das Endglied der Palpen zur Spitze sehr wenig breiter werdend, das Halsschild ziemlich gestreckt, mit sehr spitzen, nach hinten vorragenden Hinterzipfeln. Die in der Abbildung gestreift erscheinenden Flügeldecken erscheinen dagegen nur so in Folge versuchter Schattirung. Eine dem *C.* (*Procrusticus*) *Paiafa* ähnliche Art erwähnt Schaufuss (Nunq. otios. III. 1881. p. 519.) als *Carabus chalconotus*, wenn nicht vielleicht die Schaufuss'schen Exemplare geringfügige Abänderungen des *Carabus robustus* sind. Sie können schon wegen der als überaus spitz angegebenen, nach hinten ausgezogenen Hinterecken des Halsschildes, welches an den Seiten vor denselben überdies ausgebuchtet sein soll, nicht gut zu dem von Mannerheim (Bull. Mosc. 1830. p. 57.) zuerst beschriebenen, in der Grösse mit *Carabus morio* (= *graecus* var., sed non *C. Tamsi*) übereinkommenden, mir leider gleichfalls unbekannten *Carabus chalconotus* gehören. Jedenfalls hat Schaufuss die Mannerheim'sche

Beschreibung nicht zur Hand gehabt, da er «Bull. Mosc. 1850. p. 57» citirt, welches falsche Citat aus Harold's Catalog entlehnt ist, eben so wie die (l. c. p. 517.) angeführten Synonyme. Géhin (Catal. des Carabid. 1876. p. 4.) vereinigte früher *Procrusticus* mit *Sphodristus*, welche von Motschulsky (Bull. Mosc. 1865. II. p. 295.) creirte Gattung auf die bereits erwähnte, von Motschulsky (Etud. Entom. 1857. fig. 8.) abgebildete und (Etud. Entom. 1858. p. 187.) als *Carabus acuticollis* bekannt gemachte Art aus Kurdistan errichtet worden ist. Dieser *Carabus acuticollis* ist aber nach Motschulsky's Angaben «subdepressus, opacus, niger, capite elongato, elytris subtilissime dentato-tuberculatis, punctis minutis vix distinctis duplice serie, — et rappelle un peu la forme des Procrustes». Darnach kann von einer Identität des *C.* (*Procrustes*) *Paiafa* aus Xanthus und des *C.* (*Sphodristus*) *acuticollis* aus Kurdistan, welche von Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1878. p. 160. 3.) behauptet wird, doch wohl kaum die Rede sein, aber eben so wenig kann der von Géhin neuerdings als *Carabus acuticollis* in Anspruch genommene *Carabus* mit der von Motschulsky unter diesem Namen erwähnten Art identisch sein. Es ist auch nicht gut möglich, dass Motschulsky's Gattung *Sphodristus* sich als identisch erweisen wird mit *Procrustes*. Indessen Fauvel (Rev. d'Entom. III. 1884. p. 294.) erklärt den gestreckten *Carabus* (*Procrustes*) *talyschensis* (*luctuosus*) geradezu für einen *Sphodristus*, zwar ohne Angabe der Gründe, indessen wahrscheinlich nicht ganz ohne vorherige Information. Andrerseits erscheint freilich Fauvel's (Rev. d'Entom. III. 1884. p. 302.) Angabe für «*Chaetomelas* Thoms. lege *Macrogenius* Motsch.» völlig unbegründet, denn es hat Motschulsky (Bull. Mosc. 1846. II. p. 398.) den Namen *Macrogenus* nur für *Carabus* (*Procrustes*) *clypeatus* in Vorschlag gebracht. Des Namens *Macrogenius* gedachte in neuerer Zeit nur Géhin (Lettr. sur les Carabid. VI. 1879. p. 159.). Erst neuerdings glaubt auch Géhin (Catalog. d. Carabid. 1885. p. XII. 4 et p. 4.), dass *Macrogenus* ein berechtigtes sousgenre bilde und sondert den *Carabus* (*Procrustes*) *clypeatus* von den übrigen *Procrustes* unter dem genannten Namen ab, während andere *Procrustes*-Arten, bei welchen das erste Fühlerglied gleichfalls eine Borste trägt, bei Géhin bunt durch einander in dem Genre *Procrustes* stehen, obgleich schon La Brûlerie (Ann. Ent. Fr. 1875. p. 121.) ausser bei *Procrustes impressus*, auch bei *Pr. anatolicus* die Anwesenheit der Borste auf dem ersten Fühlergliede richtig hervorgehoben hat. In der von Motschulsky gegebenen Charakteristik seiner neuen Gattung *Sphodristus* (Bull. Mosc. 1865. II. p. 295.) sind übrigens Angaben enthalten, welche auf *Carabus* (*Procrustes*) *talyschensis* und überhaupt auf keinen genuinen *Procrustes* zutreffen. Denn abgesehen von dem bei den *Procrustes*-Arten veränderlichen, bei *Sphodristus* als ausgerandet und nicht als dreilappig angegebenen Labrum, werden die Vorderfüsse des Männchens von *Sphodristus* als mit vier erweiterten Fussgliedern versehen bezeichnet. Motschulsky scheint übrigens dadurch, dass er die Aehnlichkeit mit *Sphodrus* hervorhebt und auch die Vermuthung äussert, dass *Carabus* (*Procrusticus*) *Paiafa* möglicherweise zur Gattung *Sphodristus* gehören könnte, Kraatz veranlasst zu haben, die Identität des *C. Paiafa* mit *C. acuticollis* anzunehmen. Nach Allem liegt aber zunächst noch kein Grund vor, den Namen *Sphodristus* der von Thomson in Vorschlag gebrachten Unter-

gattung zu entziehen. Géhin (Catalog. d. Carabid. 1885. p. XX. — p. 27. 26.), dessen krankhaftes Streben nach Namenänderungen sich bei jeder Gelegenheit offenbart, konnte natürlich der Versuchung nicht widerstehen, der Thomson'schen Untergattung *Sphodristus* einen neuen Namen zu geben, wie überall, ohne eingehendere Prüfung. Bewunderungswürdig an dem von Géhin in Vorschlag gebrachten Namen *Sphodristocarabus* ist nur Géhin's Unfähigkeit auch nur einen, den mässigsten Anforderungen halbwegs entsprechenden Namen zu geben; vielleicht ordnet sich aber auch Géhin in jedenfalls anzuerkennender, richtiger Selbsterkenntniss in Allem Motschulsky unter, der nach Géhin (Lettr. sur les Carabid. III. 1876. p. 71.) «une érudition profonde et un coup d'oeil de maître» hatte. Motschulsky hat aber wahrscheinlich in einem Lexicon gefunden, dass die Griechen statt παχύτατος auch den irregulären Superlativ πάχιστος brauchen und deshalb für eine *Caraben*-Gruppe einen Namen *Pachystus*, richtiger *Pachistus*, in Vorschlag gebracht, und unbekannt mit den Anfangsgründen der griechischen Sprache, glaubte Motschulsky von σφοδρότατος, in ähnlicher Weise *Sphodristus* bilden zu können. Und so kommt Géhin zu *Sphodristocarabus!*

Was die von Thomson in seiner Untergattung *Sphodristus* vereinigten Arten anbetrifft, von welchen unser Museum kürzlich recht viele Exemplare erhalten, so zeichnen sich diese Arten, ganz ähnlich wie die *Damaster*-Arten, durch die wechselnde Anzahl der Labialborsten aus. Nur meistens sind am vorletzten Gliede der Labialtaster zwei Borsten vorhanden, sehr oft findet sich vor diesen noch eine dritte, seltener vor der Spite eine vierte, und an der Spitze selbst ist gewöhnlich jederseits noch ein kleines Börstchen vorhanden. Ich glaubte daher, dass es möglich sein könnte, den *Carabus Mariettii* mit den *Sphodristus*-Arten zu verbinden, denen er durch die Sculptur der vor der Spitze stark ausgerandeten Flügeldecken nicht unähnlich ist, und dessen nach vorn erweiterte Oberlippe in der Mitte rundlich vorgezogen, undeutlich dreilappig erscheint. Aber bei *C. Mariettii* sind die zahlreichen Labialborsten deutlich zweireihig angeordnet, während das dritte Fühlerglied am Enddrittel und das vierte an der hinteren Hälfte dicht behaart sind, ähnlich, nur noch dichter als bei manchen *Sphodristus*-Arten; die Mandibeln sind lang, aussen bogig gerundet, die innere Lade quadratisch, scharf zweizähnig. Das erste Fühlerglied ist bei *Carabus Mariettii*, von welchem ich leider nur ein Weibchen kenne, lang keulenförmig, so lang als das zweite und dritte zusammen, das vierte ein wenig kürzer als das dritte, welches etwa doppelt so lang als das zweite ist. Die Seiten des Pronotum vor der Mitte mit vier Borsten und an der Basis des Hinterzipfels mit einer fünften. Der Intercoxalfortsatz des Prosternum ist hinten gerundet, ziemlich stark gewölbt, doch nicht nach oben umgekrümmt. Die Strigae ventrales sind fein, doch scharf, die Borstenpunkte des Hinterleibs wie gewöhnlich, auch die Hinterhüften an der Basis mit je einem Borstenpunkt. Die hinteren Schenkel an der Unterseite nur vor der Spitze flach gefurcht. Das in der Mitte aufgetriebene Kinn ist vorn breit und flach ausgerandet, der Kinnzahn so lang als die kurzen Seitenlappen, einen scharfen Winkel bildend, flach und vorn fein umkantet, welche Kante den ganzen Vorderrand des Kinns umsäumt und an den Seitenlappen, etwas abgestumpft, nach hinten etwa bis zur Mitte sich erstreckt. Hinter dem

Kinn befindet sich jederseits eine Borste. An den Tastern ist das Endglied gegen die Spitze stark erweitert, bei dem mir unbekannten Männchen wahrscheinlich stark beilförmig. Auch Jan und Cristofori (Mag. de Zool. 1837. Cl. IX. pl. 183. fig. 2. p. 5. 7.) kannten, wie es scheint, nur das Weibchen des *Carabus Mariettii*. Diese eigenthümliche Art, welche Kraatz wie bereits erwähnt, als *arvensis*-artig bezeichnen zu müssen glaubt, ist nach den vorstehend angegebenen Merkmalen von denjenigen Arten, welche Thomson als *Carabus* s. str. ansieht, jedenfalls ganz abweichend und muss gleichfalls als Repräsentant einer besonderen *Caraben*-Gruppe, welche *Heterocarabus* heissen mag, angesehen werden.

8. Carabus (Paraplesius) Staudingeri: Elongatus, ater, coleopteris elongatis plus minusve praecipue ad marginem subviridi-nitentibus, singulo ad suturam calloso torisque septem longitudinalibus latis interruptis, hinc inde confluentibus. ♂♀ 26—29 mm.

Carabus (*Megadontus*) *Staudingeri* Ganglbauer Deutsch. Ent. Z. 1886. p. 183. 2. ♀. — Heyden l. c. p. 185. ♂ ♀. — Kraatz l. c. p. 256. tab. 1. fig. 10. ♂.
Carabus Jacowlewi Mus. Petrop. ol.

Grösser und schlanker als vorige Art, durch die Sculptur der Flügeldecken an *C.* (*Cratocephalus*) *Balassogloi* etwas erinnernd, tief schwarz, fast matt, die Flügeldecken, namentlich in den Vertiefungen und längs dem Seitenrande, mit grünlichem Schimmer.

Der Kopf ist lang gestreckt, hinter den Augen nur seicht eingeschnürt, die Einschnürung nach oben zu in schräger Richtung nach hinten verlaufend und allmählich verschwindend. Der Hals ist grob, doch sehr flach querrunzelig, nach vorn zu in der Mitte wie die hintere Hälfte der Stirn ziemlich dicht runzelig punktirt, nach vorn zu etwas feiner und spärlicher. Die Stirneindrücke sind breit und tief, einander fast parallel, nur hinten zwischen den Augen ein wenig einwärts gekrümmt. Das Kopfschild ist vorn beim Weibchen unter einem sehr stumpfen Winkel ausgeschnitten, beim Männchen bogig ausgerandet, die nach vorn stark erweiterte Oberlippe gleichfalls fast winkelig ausgerandet, mit einem breit dreieckigen Eindruck in der Mitte. Das Kinn ist vorn und an den Seiten fast bis zur Basis hin fein umkantet, jederseits der Länge nach niedergedrückt, an den Seiten flach gewölbt, in der Mitte nach vorn zu etwas stärker erhöht, an den Seiten gerundet, die Seitenlappen vorn stumpf abgerundet, von etwa ein Drittel der Länge des Kinns, der Kinnzahn so lang wie die Seitenlappen, spitz dreieckig, scharf umkantet, und erscheint daher wie ausgehöhlt, indem die mittlere Wölbung des Kinns mit rundlicher Vorragung an der Basis des Kinnzahns plötzlich abfällt. Die Kehle hinter dem Kinn jederseits ohne Borste. Die Taster sind lang, das Endglied beim Weibchen reichlich zweimal so lang als an der Spitze breit, beim Männchen stärker erweitert, etwa nur $1^1/_2$ mal so lang als an der Spitze breit. Die Fühler von etwa halber Körperlänge, mit sehr gestreckten Gliedern.

Das Halsschild erscheint sehr lang gestreckt und ist etwa nur $1^1/_6$ mal breiter als lang, vor der Mitte schwach gerundet, hinten sehr seicht ausgeschweift, nach vorn zu flach zugerundet und nur wenig mehr als nach hinten verschmälert, die Vorderecken sind gerundet

stumpfwinkelig, der Vorderrand fast gerade, der Wulst an demselben in der Mitte sehr breit, nach den Seiten zu sehr verschmälert und in den Wulst des Seitenrandes übergehend; der Seitenrandwulst erstreckt sich fast gleichmässig bis nach hinten, wo er dicht vor den Hinterecken kaum etwas höher ist und an diesen nach innen verläuft und an der Ausbucht des Hinterrandes sich verbreiternd mit der Fläche des Halsschildes zusammenfliesst. Die Hinterzipfel sind kurz und jeder nimmt etwa ein Sechstel des Hinterrandes ein; sie sind aussen fast in gleicher Richtung mit den Seiten des Halsschildes begränzt, fast am Aussenrande eine ziemlich scharfe Ecke bildend, welche nur wenig kleiner als ein rechter Winkel ist; die innere Begränzung ist sehr schräg und geht unter einem stumpfen, abgerundeten Winkel in den mitten etwas gerundeten Hinterrand über. Die Oberfläche ist flach gewölbt, grob, aber nicht sehr tief punktirt, nach den Seiten und nach hinten zu etwas dichter und hier dicht und grob gerunzelt; die Mittellinie ist fein, vor dem undeutlich gewulsteten Hinterrande etwas abgekürzt, der seitliche Eindruck vor der Ausbucht des Hinterrandes ist ganz flach und verwischt und läuft, nach hinten und aussen sich verlängernd, in die Hinterzipfel aus, welche daher wie ausgehöhlt erscheinen. An den Seiten des Halsschildes befindet sich etwas vor der Mitte eine Borste und hinten, ziemlich weit vor den Hinterzipfeln eine zweite. Das Schildchen ist hinten längs gestrichelt, der hintere Winkel etwas spitz vorgezogen.

Die Flügeldecken sind sehr lang eiförmig, doppelt so lang als zusammen breit oder doch nur wenig kürzer, mit vollständig abgerundeten Schultern, an den Seiten vorn kaum merklich gerundet, und allmählich bis zum hinteren Drittel erweitert, nach hinten zu, beim Männchen etwas stumpfer, zugespitzt gerundet, mit kaum angedeuteter Ausbucht; die der ganzen Länge nach deutlich aufgebogene Seitenkante wird zu den Schultern hin allmählich niedriger und feiner. Die Oberfläche ist bis zum Seitenrande gewölbt, beim Männchen deutlich flacher als beim Weibchen, längs der Naht mit einem glatten, ununterbrochenen Wulst, in welchem an der Spitze der vertiefte Nahtstreif, an der Basis aber der ganz kurze Scutellarstreif zu unterscheiden sind, so dass dieser Wulst dem sogenannten (convexen) Nahtstreif und dem mit diesem verschmolzenen ersten Nebenlimes äquivalent anzusehen ist. Im Uebrigen sind die Flügeldecken mit sieben doppelt so breiten, unregelmässig unterbrochenen Längswülsten versehen, die aus gewölbten, unregelmässigen, länglichen oder etwas rundlichen, glatten Erhabenheiten bestehen, welche hie und da auch wohl zusammen fliessen; auf den meisten dieser Aufwölbungen befindet sich hinten ein nach hinten zugespitztes Höckerchen, welches stellenweise als ganz kurzer Längskiel erscheint. Zwischen diesen Längswülsten sind etwas unregelmässig gereihte, stellenweise zu Längsstreifen zusammenfliessende vertiefte Grübchen vorhanden, welche im Grunde gewöhnlich grünlich glänzend sind. Am Seitenrande befinden sich kleinere nach hinten zugespitzte Höckerchen auf unregelmässig erhöhten Aufwölbungen; nach vorn zu werden diese Höckerchen spärlicher, und am vorderen Viertel sind nur noch die Körnchen der Umbilicalreihe vorhanden, während die hier abgeflachten Seiten nach aussen hin durchaus glatt und glänzend sind. Längs dem aufgebogenen Seitenrande verläuft ein stark vertiefter, vorn am Ende des ersten Viertels der

Flügeldecken plötzlich abgebrochener, stellenweise grübchenartig vertiefter Streif, innerhalb welches der Raum deutlich gewölbt ist, und da, wo der vertiefte Streif abbricht, in die erwähnte Abflachung übergeht.

Die Unterseite ist sehr undeutlich sculpirt, fast glatt. Die Episternen der Hinterbrust sind etwas länger als breit, die Strigae abdominales tief, die Beine lang, die Füsse sehr kräftig, die Schenkel an der Unterseite flach gefurcht, die Hinterschenkel an der Basalhälfte flach gewölbt.

An den Vorderfüssen des Männchens sind die drei ersten Glieder stark erweitert, das zweite und dritte an der Basis gerundet verschmälert, das zweite fast so lang als breit, das dritte kürzer, etwa $1^1/_2$ mal so breit als lang, das vierte halb so schmal, dreieckig, mit vorgezogenen Endzipfeln, an der Unterseite nackt. Die Fühler des Männchens sind einfach. Der Forceps ist ziemlich breit, allmählich vergüngt, hinten ziemlich stark gerundet, vorn dagegen sehr flach concav.

Diese Art kommt im Ferghana-Gebiet vor und wurde unserem Museum von Herrn Jacowlew mitgetheilt; ein paar Exemplare vom Alai erhielt das Museum kürzlich auch von Dr. Staudinger unter dem Namen *Paraplesius Staudingeri*, unter welchem Speciesnamen diese Art von Ganglbauer beschrieben worden ist im neusten, mir leider erst während der Correctur dieses Bogens zugekommenen, Heft der Deutschen Entomologischen Zeitschrift.

Auch diese Art lässt sich den bisher angenommenen Untergattungen nicht einreihen, sondern muss als Repräsentant einer eigenen Gruppe betrachtet werden:

Subgenus **Paraplesius.**

Mandibulae elongatae externe parum rotundatae, mala interna fere quadrata, acute bidentata, dente basali longiore.

Palpi elongati, articulo ultimo subsecuriformi, labialium penultimo bisetoso.

Mentum lateribus rotundatum antice cum dente triangulari marginatum, sinu sat lato, lobis lateralibus dente aequilongis, apice rotundatis.

Gula post mentum punctis setigeris nullis.

Antennae articulo primo subcylindrico tertio fere longiore quam secundo sesqui longiore, quarto secundo fere longiore, apice tantum setuloso.

Pronotum lateribus setis duabus.

Abdomen punctis setigeris ordinariis completis strigisque ventralibus bene expressis.

Pedes elongati, tarsis validis, tibiis anticis feminae externe sulco brevi obsoletissimo, femoribus subtus late deplanatis fere sulcatis, posticis ad basim convexiusculis, maris tarsorum anticorum articulis tribus primis valde dilatatis, subtus spongiosis.

Ganglbauer (l. c.) glaubt den *Carabus Staudingeri* der *Megodontus*-Gruppe zuweisen zu können. Aber dann hört jede Unterscheidung von Gruppen unter den *Caraben* auf. Im

Vorstehenden habe ich es darzulegen gesucht, dass die Merkmale, nach welchen unter den *Caraben* die Gruppen oder die sog. Untergattungen resp. Gattungen angenommen werden, in der That sehr geringfügige sind, und gebe ich es gern zu, dass insbesondere die Merkmale, nach welchen die Gruppen unterschieden werden unter den *Caraben* mit sog. langen Mandibeln und mit einreihig geborstetem vorletztem Labialtastergliede erst recht geringfügige sind. Durch die Vereinigung des *Carabus* (*Paraplesius*) *Staudingeri* mit der *Megodontus*-Gruppe, bei deren Arten am vorletzten Labialtastergliede die Borsten zweireihig angeordnet sind, wäre aber nichts Anderes erreicht als ein Aufgeben eines der wichtigsten von den wenigen Merkmalen, nach welchen die Gruppen unter den *Caraben* überhaupt unterschieden werden können. Auf Ganglbauer's Urtheil gebe ich in diesem speciellen Falle um so weniger, als sich Ganglbauer in die *Caraben*, meiner Ansicht nach, noch nicht recht hineingearbeitet zu haben scheint, wofür als Beweis die von ihm mitgetheilte Beschreibung des *Carabus Staudingeri* dienen kann. Ganglbauer nennt den dicht am leistenartig aufgebogenen Seitenrande verlaufenden, nach vorn zu abgekürzten tiefen Streifen «den Marginalstreifen», womit ich ganz einverstanden bin. Der Raum zwischen diesem Streifen und dem «achten» Streifen Ganglbauer's ist aber ein den «primären» gleichwerthiger «Intervall» oder der Limes costalis umbilicatus. Ganglbauer glaubt dagegen, dass die hier befindlichen Höckerchen der von Thomson sog. series accessoria entsprechen, was durchaus falsch ist, da die series accessoria, wo eine solche vorkommt, wie z. B. bei *C. Fabricii* und *C. rutilans*, sich nahezu in der Mitte zwischen der series umbilicata und der äussersten (dritten) Catena resp. der äussersten (dritten) Grübchenreihe befindet. Ganglbauer nennt ferner die von mir sog. Limites costales bei *C. Staudingeri* den «zweiten, vierten und sechsten Intervall» und hat den ersten «Intervall», den mit dem sog. Nahtstreifen nur zum grössten Theil verschmolzenen Nebenlimes ganz übersehen und bezeichnet daher beide zusammen sogar als «regulären Nahtstreifen», was ganz falsch ist, da dieser Nahtwulst dem sog. Nahtstreif und einem mit diesem verschmolzenen «Intervall» äquivalent ist. Als «Marginalfeld» endlich bezeichnet Ganglbauer fälschlicherweise den Limes costalis umbilicatus; das Marginalfeld, was bei *Calosomen* am klarsten zu sehen, liegt aber nach aussen von der stria marginalis und erstreckt sich bis zum aufgebogenen Rande der Flügeldecke; es ist bei *Carabus Staudingeri* gar nicht vorhanden, weil der Marginalstreifen eben dicht am aufgebogenen Seitenrande verläuft. Heyden (l. c.) gibt an, dass er den Marginalstreifen bei seinen vier Exemplaren bis nach vorn verfolgen könne und hat wahrscheinlich die Rinne, welche innerhalb der aufgebogenen Seitenkante der Flügeldecke durch diese Kante selbst gebildet wird, für die Fortsetzung des auch bei andern *Carabinen* abgekürzten Marginalstreifens genommen.

Was die neuere, angeblich richtigere Schreibweise, statt *Megodontus* nämlich *Megadontus*, anbetrifft, so ist diese Correctur positiv falsch. *Megodus* würde z. B. ein grosser Zahn bedeuten, *Megadus* dagegen, zusammengesetzt aus μέγα und δίδωμι, würde auf Jemanden hinweisen, der Grosses gegeben oder erlaubt hat. In keinem einzigen Falle kann in zusammengesetzten, aus dem Griechischen entlehnten Wörtern, wenn das zweite Wort mit einem

Vokal anfängt, dieser fortgelassen werden, wohl aber der Endvokal des ersten Wortes. Solche Correcturen, wie so Viele von Unberufenen in neuester Zeit gemacht worden sind, tragen nichts zur weiteren Erkenntniss bei und wären vielleicht am besten ganz zu vermeiden. Für *Damaster blaptoides* z. B. habe ich die von Chaudoir (Bull. Mosc. 1861. II. p. 356.) eingeführte Schreibweise «*blapoides*» angenommen, weil *blaptoides* sicher falsch ist. Aber es fragt sich, ob nicht «*blaboides*» einzig richtig ist von βλάβη oder βλάβος, Schaden, wovon Fabricius den Namen *Blaps* aller Wahrscheinlichkeit nach abgeleitet, wegen des wirklichen oder angeblichen Schadens, welchen *Blaps mortisaga* in den Kellern anrichtet. Um auf *Megodontus* zurückzukommen, so dürfte *Megalodontus*, wenn auch vielleicht besser, gleichfalls unnütz sein, nach Analogie von μεγαυχής = μεγαλαυχής. Bei neu zu benennenden *Carabus*-Gruppen halte ich es aber für practisch, nur solche Zusammensetzungen zu bilden, in welchen das Wort «*Carabus*» vorkommt, damit man weiss, dass alle doch nur *Carabus* sind und hoffentlich auch immer *Carabus* bleiben. Heyden selbst hat den Namen *Paraplesius* zwar aufgegeben; da er aber einmal gegeben war, glaubte ich ihn nicht ändern zu dürfen.

9. Carabus (Axinocarabus) melanochrus: Elongatus, niger, nitidus, capite sat magno, latiusculo, prothorace convexiusculo lateribus postice subexplanato-elevatis, angulis posticis oblique retrorsum prominentibus, apice rotundatis; coleopteris ellipticis, tenuissime striatis, striis distincte punctatis, lateribus et postice minus expressis, limitibus 4°, 8° et 12° ceteris aequalibus, levibus. ♂ 27 mm.

Mit dem von Solsky (Fedtschenko's Reise. Coleopt. I. 1. 1874. p. 14. 1.) beschriebenen, mir leider unbekannt gebliebenen *Carabus Fedtschenkoi* gewiss sehr übereinstimmend; bei letzterer Art sind aber die Flügeldecken, nach Solsky's Beschreibung, in Form und Wölbung mit *Carabus glabratus* übereinstimmend, vollständig glatt, ohne vertiefte Streifen und Punkte, der Kopf lang gestreckt, das Halsschild quer viereckig, vorn bogig ausgerandet, mit sehr kurzen abgerundeten Hinterzipfeln und feiner undeutlicher Mittellinie. Auch Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1884. p. 217.) bezeichnet bei genannter Art den Kopf als klein.

Carabus melanochrus ist schwarz, glänzend, der Kopf verhältnissmässig breit, mit ziemlich dickem, äusserst undeutlich querrunzeligem Halse, hinter den stark vorgequollenen Augen eingeschnürt, die Einschnürung in querer Richtung nach oben sich fortsetzend, flach, doch deutlich. Die Stirn ist zwischen den Augen fast doppelt so breit als lang, von den Augen ab in sehr schräger Richtung nach vorn stark verschmälert, unter sehr undeutlicher und seichter Ausbucht in das in gleicher Richtung nach vorn stark verschmälerte Kopfschild übergehend, so dass letzteres an dem äusserst schwach bogig ausgerandeten Vorderrande doppelt so schmal als die Stirn zwischen den Augen ist. Die Seiteneindrücke sind vorn breit und tief, hinten schmäler und bogig gegen einander gekrümmt und reichen nach hinten bis über die Mitte der Augen hinaus. Zwischen den Augen ist die Stirn grob der Länge nach gerunzelt, dazwischen mit einzelnen Pünktchen, in der Mitte dagegen fast glatt, mit Spuren undeutlicher Punkte. Die Oberlippe ist gross, nach vorn stark verbreitert, am Vorderrande

tief bogig ausgerandet; in der Mitte befindet sich längs der tiefen Ausbucht des Vorderrandes ein schmaler Quereindruck mit Borstenpunkten, der vorn durch eine schmale, etwas aufgebogene Kante begränzt ist, sich nach hinten aber in eine tiefe rundliche Grube fortsetzt. An den Tastern ist das letzte Glied sehr stark beilförmig, mit etwas kürzerem Innenrande, während der Aussenrand so lang wie der etwas convexe Endrand ist; an den Lippentastern ist das Endglied fast $1^1/_2$ mal so breit als an den Kiefertastern, an welchen das vorletzte Glied etwas kürzer als das Endglied ist. Das Kinn ist vorn und an den Seiten fast bis zur Basis hin fein gekantet, jederseits der Länge nach niedergedrückt, an den Seiten sehr flach gewölbt, in der Mitte etwas stärker, namentlich nach vorn zu, welche Wölbung vorn plötzlich abfällt, indem die vertiefte Randfurche der Seitenlappen an der Basis des Kinns in die anderseitige quer übergeht. Der Kinnzahn ist flach, dreieckig, ziemlich spitz, fein längsgestrichelt und fein umkantet, und so lang als die Seitenlappen. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits ein Borstenpunkt. Die Fühler sind von halber Körperlänge, mit schlanken Gliedern.

Das Halsschild ist fast $1^1/_2$ mal so breit als lang, vor der Mitte am breitesten und nur schwach gerundet, nach hinten zu sehr wenig verengt und sehr seicht, doch deutlich geschwungen, nach vorn stärker zugerundet verschmälert und an den vollständig abgerundeten Vorderecken deutlich schmäler als am Hinterrande; der Vorderrand ist fast gerade, die Vorderecken dem dicken Halse dicht anliegend. Von den Hinterzipfeln nimmt jeder etwa ein Fünftel des Hinterrandes ein und ist an der Basis fast doppelt so breit als lang, mit abgerundeter Spitze, innen schräg begränzt und geht unter breitem Bogen in den in der Mitte gerundeten Hinterrand über. Der Wulst des Vorderrandes ist scharf abgesetzt, wird nach aussen feiner und geht in den dicken Wulst des Seitenrandes über, welcher Wulst auch die Hinterzipfel umsäumt und sich an der Ausbucht des Hinterrandes plötzlich verliert. Das Halsschild ist schwach gewölbt, an den Seiten, etwas hinter der Mitte, mit einem Borstengrübchen versehen und von hier ab bis zur Ausbucht des Hinterrandes abgeflacht und aufgebogen; längs der Mitte ist das Halsschild von einer tiefen, vor dem Hinterrande verschwindenden Furche durchzogen, auf der hinteren Hälfte jederseits vor der Ausbucht mit einem unbestimmt begränzten, doch deutlichen Längseindruck versehen, in dessen Grunde, nach hinten zu, sich ein tief eingedrücktes strichförmiges Grübchen befindet. Zwischen den Eindrücken ist das Halsschild grob, doch sehr flach gerunzelt und dazwischen grob punktirt, nach den Seiten und nach vorn zu dagegen fast glatt. Das Schildchen ist glatt, der hintere Winkel spitz, nach hinten etwas vorgezogen.

Die Flügeldecken sind lang elliptisch, $1^3/_4$ mal länger als breit, bis zu dem schmalen, scharf aufgebogenen Seitenrande gleichmässig gewölbt, an den Seiten regelmässig gerundet, von der Mitte ab nach vorn sehr wenig verschmälert und an den vollständig abgerundeten Schultern deutlich breiter als das Halsschild am Hinterrande. Sie sind regelmässig fein vertieft gestreift, in den Streifen deutlich, doch ziemlich spärlich punktirt, die Zwischenräume sind eben, durchaus glatt, der vierte, achte und zwölfte von den übrigen nicht verschieden,

ohne Grübchen oder Körnchen; nach aussen und hinten werden die Streifen schwächer und an der Spitze sind nur noch die gereihten Punkte vorhanden. Die Körnchen der Umbilicalreihe sind sehr regelmässig, klein, dem Aussenrande genähert, etwa in der Mitte zwischen dem Seitenrande und dem letzten Punktstreifen; ein Marginalstreifen ist nicht zu unterscheiden.

Die Unterseite ist fast glatt. Die Episternen der Hinterbrust sind so lang als an der Basis breit, die Strigae abdominales scharf markirt. Die Beine sind schlank, die Schenkel an ihrer unteren Seite flach gewölbt, die Vorderschienen aussen mit einer vor der Basis und Spitze abgekürzten, breiten und tiefen Furche, die Füsse sehr schlank, an den hinteren Füssen die einzelnen Glieder an der Basis comprimirt und unter dem oberen Rande der Länge nach etwas vertieft, am deutlichsten am ersten Gliede, welches wie die übrigen über dem unteren Rande ohne Borstenpunkte ist.

Die Vorderfüsse des Männchens sind schlank, von den drei erweiterten Gliedern ist das zweite so lang als breit, das dritte ein wenig kürzer und schmäler als dieses, das vierte nicht erweiterte, ist so lang als das dritte, länger als breit, schmal dreieckig, mit etwas vorgezogenen Endzipfeln. Die Fühler sind einfach, der Forceps breit, allmählich verjüngt, mit nach vorn etwas umgebogener Spitze, von welcher eine vom Vorderrande allmählich sich entfernende, feine, doch scharfe Kante wurzelwärts verläuft. Das letzte Abdominalsegment hat jederseits nur zwei Borstenpunkte und vor der Mitte an den Seiten noch einen.

Ein Männchen dieser Art fand Dr. A. Regel in Ostbuchara.

Diese Art kann gleichfalls nicht den bisher angenommenen Untergattungen eingereiht werden. Sie stimmt in dem Bau des Kinns mit der vorstehend beschriebenen Art sehr überein, weicht aber in so vielfacher Hinsicht im Uebrigen ab, dass eine eigene Gruppe zur Aufnahme dieser Art und des mir unbekannten *Carabus Fedtschenkoi* wohl gerechtfertigt erscheint:

Subgenus **Axinocarabus.**

Mandibulae longae, sat latae, externe valde rotundatae, mala interna fere quadrata, acute bidentata, dente basali longiore.

Palpi articulo ultimo maris valde securiformi, apice tam lato quam latere externo, palporum labialium articulo penultimo bisetoso.

Mentum lateribus rotundatis anticeque cum dente acuto-triangulari marginatum, sinu antico brevi, sat lato, lobis lateralibus dente aequilongis, apice obtuse rotundatis.

Gula post mentum utrinque puncto setigero.

Antennae articulo primo subcylindrico, tertio fere longiore, quam secundo sesqui longiore, quarto secundo fere aequali, apice tantum setuloso.

Pronotum lateribus foveola fere media setigera unica.

Abdomen punctis setigeris ordinariis strigisque ventralibus bene expressis.

Pedes elongati, tibiis anticis externe sulco lato et profundo, femoribus subtus convexiusculis ad apicem sulco vix indicato, tarsis angustis, posteriorum articulis basi compressis, basalibus serie spinarum accessoria nulla, maris tarsorum anticorum articulis tribus primis dilatatis, gracilibus subtus spongiosis.

Nach den angegebenen Merkmalen, insbesondere den an der Dorsalseite tief gefurchten Vorderschienen ist diese Gruppe unzweifelhaft als eine berechtigte anzusehen, mindestens eben so berechtigt als die *Cathoplius*-Gruppe, welche Thomson (l. c. p. 628.) sogar als berechtigte Gattung in Anspruch nimmt und von den *Caraben* ganz absondert, indem er sie zwischen die Gattungen *Ceroglossus* und *Calosoma* einschaltet. So richtig es auch ist, dass die An- oder Abwesenheit der Dorsalfurche der Vorderschienen, wie ich (Käferf. v. Jeso I. 1863. p. 18.) es bereits selbst hervorgehoben, kein absolutes Merkmal abgibt, so ist doch der Umstand, dass die Mehrzahl der *Calosomen* diese Furche hat, der Mehrzahl der *Caraben* umgekehrt diese Furche fehlt, ein, wie mir scheint, wohl zu beachtender Umstand, welcher namentlich auch in phylogenetischer Hinsicht verwerthet werden dürfte. Bemerkenswerth ist ferner bei der *Axinocarabus*-Gruppe der Umstand, dass an den Flügeldecken ein Marginalstreifen vollständig fehlt, welcher bei der *Cathoplius*-Gruppe noch deutlich wahrnehmbar ist als feiner, vorn abgekürzter, vertiefter Streifen, zwischen welchem und dem aufgebogenen Seitenrande ein deutlicher Saum oder Limbus zu unterscheiden ist. Auch bei *Cathoplius* flacht sich, da wo der vertiefte Marginalstreifen verschwindet, der Limes costalis umbilicatus ab, doch erscheint letzterer aussen an den Schultern durch eine regelmässige Reihe feiner gereihter Körnchen begränzt. In der *Axinocarabus*-Gruppe ist keine Spur eines Marginalstreifens vorhanden, doch befinden sich auch hier an der Schulter nach aussen von der Umbilicalreihe einzelne gereihte Körnchen. Während die *Axinocarabus*-Gruppe von allen übrigen *Caraben*-Gruppen scharf abgegränzt erscheint, ist die *Cathoplius*-Gruppe von der *Macrothorax*-Gruppe kaum als verschieden anzusehen. Die kurze, gedrungene, an *Calosomen* erinnernde Form des *Carabus cychrocephalus* verliert in dem *Carabus asperatus* (*stenocephalus*) jedenfalls das Auffällige und steht letztere Art, welche Thomson unbekannt geblieben war, hinsichtlich der Form geradezu in der Mitte zwischen *Carabus cychrocephalus* und *Carabus Aumonti*. Diesen stellt Thomson (l. c. p. 688.) als einzige Art der ersten Unterabtheilung seines Subgenus *Macrothorax* hin, welche Unterabtheilung, wie ein Vergleich der angegebenen Charactere zeigt, wiederum die *Cathoplius*-Gruppe mit Thomson's zweiter Unterabtheilung seines Subgenus *Macrothorax* verbindet, namentlich wenn dabei auch noch in Betracht gezogen wird, dass der mir unbekannte *Carabus Olcesi* mit deutlichen Kettenstreifen wahrscheinlich auch hinsichtlich der Sculptur der Flügeldecken einen noch evidenteren Uebergang bildet. Der *Carabus Aumonti* erweist sich durch die Form der Fühlerglieder, des Kinns, der Taster, des vorn gerade abgeschnittenen Halsschildes, endlich durch die in beiden Geschlechtern mit einer zwar feinen, doch deutlichen Dorsalfurche versehenen Vorderschienen der *Cathoplius*-Gruppe jedenfalls zunächst verwandt, so dass in der That nur die Breite des Halsschildes von *Carabus cychrocephalus* Thomson veranlasst hat, *Cathoplius* als Gattung anzunehmen, die nächst verwandte Form aber einem Subgenus von *Carabus* einzureihen und in der schwedischen Characteristik nicht einmal auf diese Form hinzuweisen, sondern auf den jedenfalls ferner stehenden *Carabus numida*, als welchen Thomson ganz ohne Zweifel den von Deyrolle (Ann. Entom. Fr. 1852. p. 247. tab. 6. fig. 6. 6^a.) beschrie-

benen *Carabus Lucasi* in Anspruch genommen. Thomson's Ansicht, dass der letztere als Varietät zum sicilianischen *Carabus Famini* gehöre, ist auch wohl unrichtig. Ich kenne von *Carabus Lucasi* leider nur ein schlecht erhaltenes, von A. Strauch bei Milianah im Atlas, im westlichen Theil der Provinz Algier, bereits todt gefundenes Weibchen, bei welchem die Vorderschienen, wie Thomson für die vierte Unterabtheilung seines Subgenus *Macrothorax* im Allgemeinen angibt, mit einer ziemlich tiefen Furche versehen sind und die Anwesenheit dieser Furche dürfte dafür sprechen, dass *Carabus Lucasi* nicht eine Varietät des *C. Famini* ist, dessen Weibchen, so viel ich auch Exemplare bis jetzt gesehen, ungefurchte Vorderschienen hat. Die Weibchen von *Carabus Maillei* und *C. numida* haben gleichfalls an den Vorderschienen eine deutliche Dorsalfurche. Thomson führt als *C. Maillei* den wahren *C. numida* auf, zu welchem der *C. Lucasi* eher als Varietät gehören könnte, wie denn auch Reiche, nach dessen Sammlung der *C. Lucasi* beschrieben worden, das von Strauch gefundene Exemplar einfach als *C. numida* bestimmt hatte. Schon vor Thomson hat übrigens auch Fairmaire (Ann. Entom. Fr. 1866. p. 18.) den *C. Lucasi* für eine Varietät des *C. Famini* erklärt, und wären daher fernere Angaben nach gut erhaltenem Material wohl erwünscht.

Thomson's Untergattung *Macrothorax* halte ich für eine durchaus natürliche, nur ist die von Thomson hinzugezogene *Coptolabrus*-Gruppe aus derselben auszuschliessen, während umgekehrt Thomson's Gattung *Cathoplius* mit derselben verbunden werden muss. Die hier in Betracht kommenden Arten sind jedenfalls unter einander zunächst verwandt.

Die *Axinocarabus*-Gruppe halte ich dagegen für ferner stehend und kann ich ihr keine bessere Stellung im System der *Caraben* anweisen, als ich ihr hier angewiesen habe, nämlich zwischen den beiden neuen Gruppen *Paraplesius* und *Alogocarabus*.

10. Carabus (Alogocarabus) caerulans: Niger, supra caerulescens, opacus, capite angustiusculo, prothorace magno, lateribus explanato-elevatis, angulis posticis magnis, triangularibus; coleopteris parum convexis, punctato-striatis, limitibus planis uniseriatim punctatis, ad basim convexiusculis, 4°, 8° et 12° granulis nonnullis majoribus seriatis. ♀ 23 mm.

Im Habitus erinnert diese Art etwas an *Carabus obliteratus* Fisch. (Entomogr. Rossic. II. 1823. p. 90. 19. — III. p. 211. 74. = *Carabus tibialis* (non Fischer[1]) Kraatz Deutsch. Ent. Z. 1879. p. 394. 5.), namentlich durch die Bildung des Halsschildes, der Kopf ist aber im Vergleich zu letzterem schmal, hinter den gewölbten, kleinen, daher nur wenig vorgequollenen Augen mit einer flachen, nach oben zu undeutlich werdenden Einschnürung. Der Hals ist oben grob, doch flach quer gerunzelt, die Stirn ist zwischen den Augen doppelt so breit als lang, nach vorn in schräger Richtung verengt, und geht unter einem einspringenden, stumpfen, abge-

1) *Carabus tibialis* Fisch. (Cat. Coleopt. a Karelin coll. 1842. p. 5. — Bull. Mosc. 1844. I. p. 18. 12.) ist eine grosse, sehr robuste, von Fischer mit *C. hungaricus* etc. verglichene Art und identisch mit *Carabus frater* Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1879. p. 397.).

rundeten Winkel in das in gleicher Weise nach vorn verschmälerte Kopfschild über, welches am bogig ausgeschweiften Vorderrande $2^1/_2$ mal so schmal als die Stirn zwischen den Augen ist. Letztere ist hier grob und ziemlich dicht punktirt und jederseits mit vier bis fünf Längsrunzeln versehen, auf der vorderen Hälfte dagegen mit äusserst feinen Pünktchen spärlich besetzt; die Längseindrücke sind tief, nach hinten etwa bis zu den Augen reichend, und in fast kreisförmigem Bogen gegen einander gekrümmt. Die Oberlippe wird nach vorn zu nur wenig breiter und ist in der Mitte des Vorderrandes tief bogig ausgerandet und dicht am Vorderrande mit einem schmalen, vorn durch eine schmal aufgebogene Kante begränzten Quereindruck mit Borstenpunkten versehen, von welchem nach hinten zu ein schmaler, undeutlicher, auf das Kopfschild übergehender Längseindruck ausgeht. Die Mandibeln sind etwa nur so lang wie die Stirn mit dem Kopfschild und der Oberlippe zusammen, schmal, aussen kaum merklich gerundet, gegen die kaum etwas eingekrümmte Spitze allmählich verjüngt; die Basalgrube der Oberfläche ist seitlich und vorn scharf begränzt, indem die obere Aussenkante der Mandibel vorn in fast kreisförmigem Bogen in den Zahn (processus) des Innenrandes übergeht. Dieser ist an der rechten Mandibel durch den nach hinten zu wulstig verdickten Innenrand höckerartig und fliesst mit der inneren Lade zusammen, an welcher der basale Höcker durch eine winkelige Furche angedeutet ist. An der linken Mandibel ist der Innenrand scharf, der Zahn desselben stumpfwinkelig abgerundet, die innere Lade kurz, über den Innenrand wenig vorstehend und mit zwei Höckern versehen, von welchen der basale kleiner und etwas zahnartig erscheint. Die Taster sind ziemlich dünn, das Endglied zur Spitze ziemlich stark erweitert, an der abgestutzten Spitze etwa halb so schmal als am Aussenrande, an den Kiefertastern deutlich schmäler als an den Lippentastern, so lang wie das vorhergehende Tasterglied. Das Kinn ist flach, jederseits der Länge nach seicht vertieft, die Ausrandung des Vorderrandes ziemlich breit, der Kinnzahn sehr kurz, an der Spitze undeutlich zusammengedrückt, fast dreimal so kurz als die Seitenlappen, welche nur vorn und innen umkantet sind. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits ein Borstenpunkt. Die Fühler sind von halber Körperlänge, das erste Glied fast cylindrisch, so lang als das dritte und $1^1/_2$ mal so lang als das zweite, das vierte dem zweiten an Länge fast gleich.

Das Halsschild ist gross, $1^1/_2$ mal so breit als lang, vor der Mitte am breitesten und flach gerundet, nach vorn zugerundet, nach hinten fast in schräger Richtung wenig verschmälert und nur flach geschwungen, der Vorderrand flach ausgerandet, mit nach vorn vortretenden, an der Spitze abgerundeten Vorderecken, der Vorderrand mit deutlichem, seitlich schmäler werdendem Wulst, welcher an den Vorderecken in den deutlichen Seitenrandwulst übergeht, der fast in gleicher Stärke auch die Hinterzipfel umzieht und auf den Hinterrand übergeht, wo er vor dem Schildchen mit der Scheibe des Halsschildes zusammenfliesst. Die grossen Hinterzipfel ragen nach hinten weit vor und jeder nimmt ein Viertel des Hinterrandes ein; sie sind an der Basis etwa nur $1^1/_2$ mal so breit als lang, hinten zugespitzt gerundet, innen schräg begränzt und gehen unter einem stumpfen, etwas abgerundeten Winkel in den kaum etwas gerundeten Hinterrand über; sie sind ihrer ganzen Breite nach zu-

gleich mit den Seiten aufgebogen, diese Aufbiegung nimmt bis zur Mitte an Breite allmählich ab und zieht sich dann als schmale Abflachung bis zu dem Vorderrande hin. Die Oberfläche des Halsschildes ist nur flach gewölbt, überall dicht und grob, etwas runzelig punktirt, jederseits vor der Ausbucht des Hinterrandes mit einem flachen Längseindruck und in der Mitte von einer ziemlich breiten und tiefen, vor dem Hinterrande verschwindenden Längsfurche durchzogen. In der Mitte der Hinterzipfel, dem Seitenrande etwas näher, befindet sich ein Borstenpunkt und ein zweiter, vom Seitenrande fast eben so weit entfernter, etwas vor der Mitte des Halsschildes. Das Schildchen mit etwas stumpfem, nach hinten ein wenig vorgezogenem Hinterwinkel.

Die Flügeldecken sind zugespitzt elliptisch, etwas weniger als $1^1/_2$ mal so lang wie breit, nach vorn sehr wenig verschmälert, mit deutlich vorstehenden, abgerundeten Schultern, an den Seiten mässig gerundet, von der Mitte ab nach hinten zugespitzt gerundet, vor der Spitze flach ausgeschweift. Sie sind mässig gewölbt und längs dem scharf aufgebogenen, nach vorn zu stärker werdenden Rande mit schmaler, an den Schultern breiterer und flacherer Rinne, fein punktirt-gestreift, die Streifen stellenweise kaum vertieft und auch die Punkte werden nach aussen und hinten undeutlicher; die Zwischenräume sind fast eben, nur zur Basis hin, wo die Streifen tiefer eingedrückt sind, flach, doch deutlich gewölbt. Der vierte Zwischenraum hat hinten ein paar deutliche Körnchen, der achte etwa fünf, von welchen das vorderste vor der Mitte sich befindet, der zwölfte ist der ganzen Länge nach mit solchen Körnchen versehen, deren Umgebung etwas eingedrückt ist. Auf der Scheibe sind überdies sämmtliche Zwischenräume mit eingestochenen Punkten versehen, welche ziemlich regelmässig einreihig angeordnet sind, nach aussen und zur Basis hin werden diese Punkte allmählich durch gleichfalls einreihig angeordnete Höckerchen ersetzt und die Zwischenräume selbst werden allmählich querrunzelig, an der Basis der Flügeldecken fast imbricat. Gegen die Spitze wird die Sculptur feiner und undeutlicher, dicht vor der Spitze befinden sich aber einige grobe, flache Punkte; die Körnchen der Umbilicalreihe sind ziemlich spärlich, von dem zwölften Zwischenraum und dem Seitenrande fast gleichweit entfernt, die Seiten mit feinen, zum Theil gereihten Körnchen besetzt, ohne vertieften Marginalstreifen.

Die Unterseite ist matt, undeutlich fein lederartig gerunzelt, die fast eben so langen wie breiten Episternen der Hinterbrust und die vorderen Abdominalsegmente an den Seiten spärlich und flach punktirt, das vierte, fünfte und sechste Abdominalsegment mit deutlicher Querfurche. Die Beine sind schlank, die Füsse ziemlich dick, die Schenkel an ihrer unteren Seite breit gefurcht.

Ein Weibchen dieser Art sammelte Dr. A. Regel in Ostbuchara, in der Provinz Baldshuan.

Von dieser Art glaubte ich annehmen zu müssen, dass sie mit dem von Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1883. p. 361.) beschriebenen *Goniognathus gracilis* zu einer Gruppe gehöre, mit welchem sie auch in der Sculptur der Flügeldecken übereinzustimmen scheint. Die Oberkiefer sind bei *Carabus caerulans* aussen fast geradlinig und ragen, an einander liegend, in Form eines an der Spitze abgerundeten, schmalen Dreiecks vor, weshalb ich schliesslich auch glaubte,

dass der von Kraatz in Vorschlag gebrachte Name *Goniognathus* möglicherweise darauf hinweisen könnte. Die von Kraatz (Deutch. Ent. Z. 1886. p. 256. t. 1. f. 12.) unterdessen mitgetheilte photographische, leider durch schlecht ausgefallenen Lichtdruck nicht ganz genügende Abbildung des *Goniognathus gracilis* zeigt aber, dass meine schliessliche Vermuthung, *Carabus caerulans* könne zu *Goniognathus* gehören, eine irrige war. Nach der erwähnten Abbildung scheint *Goniognathus* nicht, wie Kraatz es behauptet, zu den *Caraben* mit sog. langen Mandibeln zu gehören, sondern zu Thomson's Untergattung *Carabus*; wenigstens erscheinen die Mandibeln in der Abbildung an der Spitze winkelig nach innen umgebogen, doch ist der Kopf des *Goniognathus* in der Abbildung leider so verwischt, dass die Mundtheile überhaupt nur undeutlich wahrgenommen werden können. *Carabus caerulans* muss, da er keiner der bisher angenommenen *Caraben*-Gruppen zugewiesen werden kann, jedenfalls auch in Anspruch genommen werden als Repräsentant eines neuen

Subgenus **Alogocarabus.**

Labrum parvum, ad apicem parum dilatatum, fronte plus quam duplo angustius.

Mandibulae minus longae, angustae, externe fere rectae, conjunctim angulum longum acutiusculum formantes, mala interna mandibulae dextrae cum dente (processu) incrassato confluente, sinistrae brevi, bituberculata, tuberculo basali minore, dentiformi.

Palpi graciles, articulo ultimo feminae subsecuriformi, labiales articulo penultimo bisetoso.

Mentum planiusculum dente brevissimo.

Gula post mentum puncto setigero utrinque, distincte constricta.

Antennae articulo primo subcylindrico tertio aequali, quam secundo fere sesqui longiore, quarto secundo fere aequali, apice tantum setuloso.

Pronotum lateribus punctis setigeris duobus.

Abdomen punctis setigeris ordinariis strigisque ventralibus bene expressis.

Pedes sat graciles, femoribus subtus late sulcatis, tarsis sat validis.

Die Verwandtschaftsbeziehungen der *Alogocarabus*-Gruppe würden vielleicht klarere sein, wenn auch das Männchen bekannt wäre. Im Bau der Mandibeln stimmt diese Gruppe mit keiner einzigen der bis jetzt unterschiedenen *Caraben*-Gruppen überein. Während die linke Mandibel vom gewöhnlichen Typus nicht wesentlich abweicht, ist die rechte allenfalls als mit *Cechenus* übereinstimmend anzusehen. Aber der ganze Körperbau ist durchaus abweichend, die Taster erinnern noch am meisten an die *Axinocarabus*-Gruppe und ist es nicht unwahrscheinlich, dass hier die Weibchen ähnliche Taster haben, während umgekehrt das Männchen des *Carabus caerulans* aller Wahrscheinlichkeit nach stark beilförmige Endglieder der Taster haben dürfte. Die Abwesenheit eines Marginalstreifens auf den Flügeldecken dürfte gleichfalls auf nahe Verwandtschaft mit der *Axinocarabus*-Gruppe hinweisen. *Cechenus* dagegen und die verwandten Gruppen *Iniopachus* und *Cathaicus*, welche durch die gar nicht eingeschnürte Kehle unter Anderem ausgezeichnet sind, dürften eine ferner stehende, scharf begränzte Abtheilung unter den *Caraben* bilden.

11. Carabus (Cratocephalus) brachypedilus: Elongato-ovatus, niger, nitidus, capite magno lato, genis externe mandibularum basim angulo fere recto rotundato superantibus; prothorace convexo, brevi, angulis posticis convexiusculis, lateribus posticeque calloso-marginatis; antennis pedibusque brevioribus et crassioribus, tarsis posticis tibia brevioribus.

♂. Tarsorum anticorum articulis tribus primis subtus spongiosis, secundo tertioque minore longitudine duplo latioribus, quarto minuto, late triangulari. 23 mm.

Diese Form weicht von *Carabus* (*Cratocephalus* s. *Pantophyrtus*) *turcomanorum* durch Kürze und Gedrungenheit des Körpers und der Glieder ab. Das mir vorliegende Männchen hat trotz seiner geringen Grösse mindestens einen eben so dicken Kopf, an welchem die Augen nur sehr flach gewölbt sind, so dass sie den Kopf seitlich kaum etwas überragen. Die seitliche Begränzung des sich nach vorn etwas verbreiternden Kopfes zieht sich in gleicher Linie bis zum Vorderrand hin, wo sie unter einem beinahe rechten, vollständig abgerundeten Winkel mit dem bis zur Basis der Mandibel convexen Vorderrand zusammenfliesst. Der Kopf ist vorn tief eingedrückt, das Kopfschild nach vorn sehr stark verschmälert, am bogig ausgerandeten Vorderrande etwa halb so schmal als am Hinterrande und in der Mitte mit einem tiefen, von der Oberlippe ausgehenden, grubenartigen, nach hinten bis über die Mitte sich erstreckenden Eindruck versehen. Die Oberlippe ist nach vorn sehr wenig erweitert, ohne Borstenpunkte auf den Seitenlappen. An den Tastern ist das Endglied zur Spitze stark erweitert, an den Kiefertastern etwa nur $1^1/_4$ mal länger als am Endrande breit. Das Kinn ist noch etwas breiter als bei *Carabus turcomanorum*, die Ausrandung tief, bis zur Mitte sich erstreckend, scharf gekantet, welche Kante nur an der Spitze des kurzen, etwas stumpfwinkeligen Kinnzahns unterbrochen ist und nach aussen auf die schräg aufgebogenen, vorn gerundeten Seitenlappen als dicker Wulst übergeht, der sich erst kurz vor der Basis verwischt; bei *C. turcomanorum* fliesst die Kante des Vorderrandes an der inneren Ecke der Seitenlappen mit diesen zusammen und der Kinnzahn ragt als deutlicher, an der abgestutzten Spitze durch eine mittlere Längsfurche getheilter, an der Spitze selbst mit einer schmalen Ausrandung versehener Zahn fast bis zur Mitte der Ausbucht vor. Die Fühler sind kurz, nach hinten nur wenig über den Hinterrand des Halsschildes reichend, die einzelnen Fühlerglieder etwas gedrungen.

Das Halsschild ist deutlich kürzer als bei *C. turcomanorum*, $1^5/_7$ mal so breit als lang, der Vorderrandwulst nur an den Seiten deutlich, auf dem Rücken mit der stark gewölbten Scheibe des Halsschildes zusammenfliessend. Die Hinterzipfel sind auch hinten mit einem wulstigen Rande versehen und von einer deutlichen Aufwölbung ausgefüllt, und erscheinen daher auch die Seiteneindrücke nach hinten ziemlich scharf begränzt. Das Schildchen ist durchaus glatt.

Die Punktstreifen der Flügeldecken gehen an der Basis in eine unregelmässige Längsrunzelung über.

Die Beine sind dicker als bei *C. turcomanorum*, namentlich die Schenkel und Füsse gedrungener und kürzer, an den Vorderfüssen des Männchens ist von den drei mit einer

Bürste versehenen Gliedern das zweite doppelt so breit als lang, das dritte etwa $1^1/_2$ mal so kurz als dieses und auch ein wenig schmäler, reichlich doppelt so breit als lang; das vierte ist eben so lang wie dieses, aber etwa $1^1/_2$ mal so schmal, kurz dreieckig mit vorgezogenen Zipfeln. An den Hinterbeinen ist der Fuss etwa um ein Sechstel kürzer als die Schiene.

Ein bei Namangan gesammeltes Männchen erhielt unser Museum von Dr. Staudinger.

12. Carabus (Cratocephalus) tanypedilus: Elongato-ellipticus, niger, nitidus, capite magno subelongato, genis externe mandibularum basim processu acuto superantibus; prothorace longiore, minus transverso, planiusculo, angulis posticis concaviusculis postice immarginatis; antennis pedibusque longioribus, gracilibus.

♂. Tarsorum anticorum articulis tribus primis subtus spongiosis, angustis, gradatim minoribus, latitudine fere aeque longis. 24 mm.

Während die vorstehend beschriebene Form durch Kürze und Gedrungenheit des Körpers und der Glieder von *C. turcomanorum* unter Anderem abweicht, ist diese Form, von welcher ich gleichfalls nur ein Männchen vor mir habe, schlanker und flacher als *C. turcomanorum*, auch die Beine sind gestreckter, namentlich die Schenkel und Füsse dünner. An dem gestreckteren Kopf sind die Augen sehr flach gewölbt, die Stirn von den Augen ab nach vorn zu sehr wenig verschmälert, vorn undeutlich eingedrückt, die breiten, auf die Stirn nur undeutlich übergehenden Seiteneindrücke des Kopfschildes einander fast parallel, dazwischen flach, doch deutlich gewölbt, und in der Mitte des Vorderrandes mit einem flachen, dreieckigen Eindruck; die vordere Ausbucht ist sehr flach, die Vorderecken stumpfwinkelig, etwas abgerundet. An den Tastern ist das Endglied sehr schlank, beinahe doppelt so lang als an der Spitze breit. Das Kinn ist im Ganzen etwas länger als bei *C. turcomanorum*, mit nach vorn etwas verschmälerten, abgerundeten Seitenlappen, der Ausschnitt des Kinns erscheint tiefer, weil der Kinnzahn nur durch eine ganz flache, rundliche Vorragung angedeutet ist. Die Fühler sind schlank, fast von halber Körperlänge.

Das Halsschild ist merklich gestreckter als bei *C. turcomanorum*, $1^3/_7$ mal breiter als lang, mit etwas schärferen Hinterecken und convexem Vorderrandwulst.

Die Flügeldecken sind etwas regelmässiger elliptisch, die Punktstreifen in der Nähe des Schildchens kaum etwas tiefer, die Punkte in denselben etwas gröber, doch variirt *C. turcomanorum* in dieser Hinsicht sehr.

Die Schenkel und Füsse sind sehr schlank, die Vorderfüsse des Männchens mit auffallend gestreckten Gliedern, das zweite, dritte und vierte, welche an Breite allmählich abnehmen, etwa nur so breit als lang. An den Hinterfüssen ist der Fuss so lang als die Schiene.

Ein im Ferghana-Gebiet gesammeltes Männchen theilte Herr W. E. Jakowlew unserem Museum mit.

Nach einem einzelnen im Alai-Gebirge gesammelten Weibchen diagnosticirt Heyden

(Deutsch. Entom. Z. 1886. p. 183. 1.) eine, wie es scheint, von den mir vorliegenden Formen verschiedene Art als *Pantophyrtus punctatostriatus* «genis obtusis, elytris (ut in *Procruste Ehrenbergi*) striis 15 fortiter punctatis, interstitiis elevatioribus etc.» Der Name *punctatostriatus* hätte wegen der von Bates so genannten, zweifelhaften Varietät des *Carabus Dehaani* vermieden werden müssen. Denn wenn diese Varietät sich doch vielleicht als eine selbstständige Art herausstellt, so hätten zwei *Carabus*-Arten denselben Namen. Es ist aber immerhin möglich, dass alle *Pantophyrtus*-Formen, trotz der angeführten Unterschiede, dennoch Varietäten des *Carabus turcomanorum* sein könnten. Die als *C.* (*Coptolabrus*) *Lafossei*, *coelestis* und *elysii* unterschiedenen Formen z. B., deren Männchen, wie J. Thomson (Ann. Entom. Fr. 1856. p. 336. pl. 9. fig. 2 et 4.) sehr unklar angibt, so weit ich wenigstens nach unserem Material urtheilen kann, in der Breite der Vorderfüsse ganz auffallend abweichen, werden jetzt als Varietäten ein und derselben Art angesehen, und ist es daher wohl möglich, dass Abweichungen in der Breite der männlichen Vorderfüsse keineswegs immer auf Artunterschiede hinweisen. Aber Diejenigen, welche unterschiedene Arten für identisch erklären, müssten doch wohl immer gleichzeitig erläutern, welche von den Merkmalen bei den ihnen vorliegenden Exemplaren sich als unwesentlich erweisen, indem sonst die Möglichkeit einer nur oberflächlichen und ungenauen Untersuchung nicht ausgeschlossen bleibt. Auf den «ersten Blick», den so Mancher für untrüglich hält, hat man schon viele Arten für identisch erklärt, welche sich späterhin als sehr verschieden herausgestellt, und oft genug war überdies eine falsche Bestimmung die Ursache unrichtiger Angaben über die Identität von nicht einmal als nahe verwandt anzusehenden Arten.

13. Carabus (Cratocephalus) segregatus: Elongato-ellipticus, niger, nitidus, convexiusculus, prothorace parum transverso, cordato, postice subsinuato, angulis posticis acutiusculis parum productis, supra crebre ruguloso-punctato; elytris margine non vel obsoletissime deplanatis, regulariter punctato-striatis, limitibus convexiusculis, interruptis, 4°, 8° et 12° foveolis distinctis catenatis. ♂♀ 19 mm.

Goniognathus gracilis (non Kraatz) Heyden Deutsch. Entom. Z. 1885. p. 275. — Heyden l. c. p. 276. (= *Carabus segregatus* Heyden i. l.).
Cechenus Kaufmanni (non Solsky) Heyden Deutsch. Ent. Z. 1886. p. 177.

Körper ziemlich schlank, an *Cechenus* etwas erinnernd, schwarz, glänzend. Der ziemlich grosse Kopf ist etwas gestreckt, mit kleinen, beim Männchen stärker gewölbten Augen, die Stirn erscheint nach vorn verschmälert, der Seitenrand biegt sich unter einem stumpfen abgerundeten Winkel schräg nach innen zum Kopfschilde und bildet dicht an demselben ein kleines vorspringendes Eckchen. Die Oberfläche des Kopfes ist grob, doch sehr flach gerunzelt, die Runzeln auf dem Scheitel zum Theil ganz verwischt, quer verlaufend, längs dem feinen Seitenwulst der Stirn längs gerichtet und etwas schärfer ausgeprägt, in der Mitte der Stirn mit einzelnen undeutlichen Pünktchen. Die Längseindrücke sind auf der Stirn ziemlich flach und schmal, und verwischen sich unbestimmt nach hinten; vorn sind sie deutlicher und

gehen in die Seiteneindrücke des Kopfschildes über, doch ist die Wölbung zwischen denselben überall sehr flach. Das Kopfschild ist vorn sehr wenig verschmälert, am Vorderrande in flachem Bogen ausgerandet, mit etwas stumpfen, verrundeten Vorderecken, am Vorderrande befindet sich in der Mitte ein kleines Grübchen. Die vorn tief bogig ausgerandete Oberlippe ist etwa $2^1/_2$ mal so schmal als die Stirn, mit fast parallelen Seiten, in der Mitte mit einem schmalen Quereindruck. Die Oberseite der Mandibeln des Männchens ist fast glatt, beim Weibchen dagegen sehr fein, doch deutlich eingestochen punktirt. Die Wangen sind so breit als die Augen, ein convexer Wulst zieht nach vorn, wo er, nach innen sich umbiegend, am unteren (hinteren) Gelenkhöcker der Mandibel ausläuft, eine stumpfe, über die Basis der Mandibeln seitlich vorragende Rundung bildend und gleichzeitig den Fühlereindruck [1]) von unten begränzend. Das Kinn ist breit, in der Mitte stark aufgetrieben, aussen an den Seitenlappen stark gerundet; letztere an der tiefen, bis zur Mitte des Kinns sich erstreckenden Ausrandung fast rechtwinkelig und innen bis zur Basis des grossen Kinnzahns mit einer, eine Randkante absetzenden, tiefen Furche versehen. Der Kinnzahn ist eben so lang wie die Seitenlappen, lang dreieckig und ragt nach unten über die Fläche des Kinns etwas vor. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits eine Borste. Die Taster sind ziemlich dick, das Endglied etwa $1^1/_2$ mal so lang als am Endrande breit und an den Kiefertastern eben so lang als das vorletzte Glied. Die Fühler sind schlank, von halber Körperlänge, beim Männchen kaum länger als beim Weibchen, das erste Glied ist so lang als das dritte, oben gewölbt, cylindrisch, etwa doppelt so lang als dick und etwa $1^1/_4$ mal so lang als das zweite, welches etwas länger als das vierte ist; das zweite, dritte und vierte Fühlerglied an der Basis undeutlich comprimirt.

Das Halsschild ist herzförmig, fast $1^1/_2$ mal so breit als lang, vor der Mitte am breitesten und hier flach gerundet, nach vorn zugerundet, mit ziemlich scharfwinkeligen, seitlich über den Kopf etwas vorstehenden Vorderecken, nach hinten allmählich verjüngt und etwas geschweift; die Hinterecken sind deutlich winkelig, mit verrundeter Spitze, die Hinterzipfel im Ganzen kurz, jeder etwa ein Sechstel des Hinterrandes einnehmend und unter einem deutlichen Bogen in den geraden Hinterrand übergehend. Der Vorderrand ist in einem ziemlich tiefen, regelmässigen Bogen ausgerandet, der Vorderrandwulst ist scharf abgesetzt, wird nach aussen zu sehr fein und geht an den Vorderecken in den ziemlich dicken Seitenrandwulst über, welcher ziemlich gleichmässig bis zu den Hinterecken sich erstreckt; die Hinterzipfel sind hinten oder innen fein und sehr undeutlich wulstig gerandet und ist auch der dicke

---

1) Die von Thomson *scrobs* (*scrobis*) genannte Vertiefung um die Insertionsstelle der Fühler dürfte im Deutschen am besten durch *Fühlereindruck* wiedergegeben werden. Als *Fühlergrube*, oder besser, *Fühlergrübchen*, *foveola*, könnte dagegen das Insertionsgrübchen der Fühler bezeichnet werden, welches, wenn das Wurzelglied der Fühler abgebrochen wird, als kreisrundes Loch erscheint. Von dem Fühlereindruck zieht sich bei *Scaritiden* etc. nach hinten die *Fühlerfurche*, von Schiödte *scrobiculus* genannt. Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. 1860. p. 774.) nannte diese *scrobiculi* anfänglich «*Fühlergruben*», ersetzte diesen nicht recht passenden Ausdruck gleich darauf (Berl. Ent. Z. 1860. p. 165.) aber durch *Fühlerfurche*, welche Bezeichnung eine durchaus zutreffende ist.

Randwulst des Hinterrandes undeutlich und verwischt. Die Oberfläche ist regelmässig, ziemlich flach gewölbt, überall ziemlich grob und dicht punktirt, auf der Scheibe etwas feiner und spärlicher, dazwischen gerunzelt, die Runzeln aber sehr flach und nur hinten dichter und stärker ausgeprägt. Längs dem Seitenrandwulst ist das Halsschild der ganzen Länge nach sehr schmal, ziemlich gleichmässig und im Ganzen nur undeutlich abgeflacht, und zieht sich diese Abflachung in die Hinterzipfel hinein. Der hintere Seiteneindruck des Halsschildes ist flach, doch deutlich als Längseindruck erscheinend, welcher nach vorn erst kurz vor der Mitte des Halsschildes sich verliert und ist derselbe vom Seitenrande nur etwas weniger entfernt als von der deutlichen, nach hinten zu etwas tieferen Mittelfurche. Dicht am wulstigen Seitenrande stehen zwei Borstengrübchen, das eine etwas vor der Mitte, das andere etwas vor den Hinterzipfeln. Das Schildchen ist breit, hinten winkelig, jederseits etwas ausgeschweift.

Die Flügeldecken sind etwas mehr als $1^1/_2$ mal so lang als breit, elliptisch, nach vorn zu etwas mehr verengt, mit stumpfen und abgerundeten, doch ziemlich deutlichen Schultern; die Ausbucht vor der Spitze ist bei beiden Geschlechtern kaum angedeutet. Sie sind längs der feinen, aufgebogenen, nach vorn und hinten zu schwächer werdenden Seitenkante beim Weibchen kaum etwas, beim Männchen ein wenig abgeflacht und im Ganzen sehr flach gewölbt, nicht tief, doch sehr regelmässig gestreift und in den Streifen ziemlich grob punktirt, welche Punktirung nach den Seiten zu und nach hinten undeutlich wird, und sind vor der Spitze auch die Streifen etwas verwischt. Der vierte, achte und zwölfte Zwischenraum erscheinen durch gereihte, deutliche, den ganzen Zwischenraum unterbrechende, vorn mit einem deutlichen Körnchen versehene Grübchen als sog. Kettenstreifen, welche übrigens nicht mehr gewölbt sind als die übrigen, durch unregelmässige Quereindrücke gleichfalls mehr oder weniger unterbrochenen. Die Höcker der Umbilicalreihe sind deutlich, desgleichen der vertiefte Marginalstreifen, welcher am vorderen Drittel etwa plötzlich abbricht. Der vertiefte Nahtstreifen ist bis zum abgekürzten Scutellarstreifen als theilweise in einzelne Pünktchen aufgelöster Streifen zu verfolgen.

Die Unterseite ist fast glatt. Der Intercoxalfortsatz ist längs den Seiten und vor der hinteren Spitze undeutlich niedergedrückt, die Episternen der Hinterbrust sind fast so lang als breit, die Strigae ventrales scharf ausgeprägt.

Von den vier, mit einer Bürste versehenen Gliedern der Vorderfüsse des Männchens ist das zweite etwa $1^1/_2$ mal so breit als lang, das dritte fast doppelt so breit als lang, das vierte, gleichfalls zwei mal so breit als lang, ist doppelt so klein als dieses. Der Forceps ist ziemlich breit, gegen die nach vorn etwas umgebogene gerundete Spitze allmählich verjüngt, hinten unregelmässig gerundet, vorn in schwachem Bogen ausgeschweift.

Ein Pärchen dieser im Alai-Gebirge gesammelten Art erhielt unser Museum von Dr. Staudinger; nach Heyden (l. c.) kommt sie auch bei Namangan vor, und ist diese Art von Heyden anfänglich für *Goniognathus gracilis* gehalten worden. Später führt Heyden

(Deutsch. Entom. Z. 1886. p. 177.) diese Art als *Cechenus Kaufmanni* auf, irregeführt durch den *Cechenus*-artigen Habitus. Aber der von Solsky (Fedtschenk. Reise. Coleopt. I. 1874. p. 16. 3.) beschriebene *Carabus Kaufmanni* kann diese Art nicht wohl sein. *Carabus Kaufmanni* ist nach Solsky oben nur schwach glänzend, das Weibchen sogar fast matt, der Kopf sei leicht gerunzelt mit Ausnahme des vorderen, durch eine Querfurche abgeschiedenen Randes (doch nicht der Clypeus?), beim Männchen soll ferner das dritte Fühlerglied, abweichend vom Weibchen, auf der unteren Seite eine leichte Ausbucht haben. Die Hinterecken des Halsschildes sollen nach hinten sehr wenig in Form eines abgerundeten Lappens vorragen und soll die Oberfläche des Halsschildes auch gar nicht punktirt sein, sondern nur fein gerunzelt. Auf den gleichsam zerknüllten Flügeldecken endlich sollen die undeutlich vertieften Streifen dicht bei einander stehen und nur feine, gleichfalls undeutliche Punkte haben, endlich sollen auch die drei Reihen Grübchen ganz unbestimmt sein und mit den sonst vorhandenen Querrunzeln zusammenfliessen. Nach allen diesen, auch in der von Solsky mitgetheilten lateinischen Diagnose enthaltenen Angaben muss ich annehmen, dass die von Solsky beschriebene, auf dem Autschin'schen Pass gefundene Art eine andere, wenn auch gleichfalls *Cechenus*-artige *Cratocephalus*-Art sei, welche kleiner ist als *Carabus segregatus*, namentlich auch flacher, mit deutlich abgeflachtem Seitenrande der Flügeldecken, welche möglicherweise auch zahlreichere Streifen haben. Die bei *Caraben* in gewöhnlicher Anzahl vorhandenen Streifen der Flügeldecken wird Solsky in der Beschreibung nicht zahlreich haben nennen können, eben so wenig in der Diagnose von den Flügeldecken angegeben haben «*crebre, subtiliter parum profunde punctatostriatis, interstitiis striarum planis* etc.», und hätte Solsky bei gewöhnlicher Anzahl der Streifen auch von den Grübchen angegeben, dass sie sich im vierten, achten und zwölften Zwischenraum befinden, wie solche Angaben schon damals gebräuchlich waren. Vorläufig liegt jedenfalls noch kein hinreichender Grund vor, den *Carabus segregatus* mit *Carabus Kaufmanni* für identisch anzusehen.

14. Carabus (Cratocephalus) Przewalskii: Elongato-ovalis, supra laete viridi-aeneus, subtus piceus, prothorace subcordato, lateribus tenuiter marginato; coleopteris elongato-ovalibus, singulo seriebus tribus tuberculorum oblongorum carinulisque alternis obtusis, in granula dissolutis. ♂ 18 mm.

Mir liegt nur ein Männchen dieser interessanten Art vor, welche im Habitus dem *Cechenus*-artigen *Carabus* (*Cratocephalus*) *segregatus* am ähnlichsten ist, doch etwas weniger gestreckt ist und durch die stärker gewölbten, in der Sculptur an *Carabus Cristoforii* etwas erinnernden Flügeldecken unter den Arten der *Cratocephalus*-Gruppe sich auszeichnet.

Das vorliegende Männchen ist oben hell metallisch grün glänzend, die Flügeldecken matt, die Oberlippe und Mandibeln und die ganze Unterseite pechbraun, Kopf und Brust und umgeschlagener Seitenrand der Flügeldecken theilweise mit grünlichem oder kupfrigem Metallschimmer, die Taster und die vier ersten Fühlerglieder, desgleichen die Beine bräunlichroth, die letzteren mit theilweise angedunkelten Schenkeln.

Der Kopf ist im Vergleich zum Halsschilde gross, die Stirn nach vorn sehr wenig verschmälert, der Seitenrand vorn stumpf gerundet und geht unter einem stumpfen, abgerundeten Winkel in den Seitenrand des Kopfschildes über, welches nach vorn zu ziemlich stark verschmälert ist. Die Seitenfurchen sind auf dem Kopfschilde sehr breit, grubenartig, jede ein Drittel der Kopfschildbreite einnehmend und reichen nach hinten, auf der Stirn flacher werdend und unbestimmt sich verlierend, ein wenig über den Vorderrand der Augen hinaus; die Wölbung zwischen denselben ist vorn vor dem Vorderrande der Stirn seitlich unbestimmt eckig erweitert und geht, wieder schmäler werdend, auf das Kopfschild über, wo am gerade abgeschnittenen Vorderrand ein in der Mitte des Kopfschildes sich verlierender, rundlich dreieckiger Eindruck sich befindet. Die Oberfläche des Kopfes ist in der Mitte fast glatt, in den Längseindrücken und überhaupt an den Seiten der Stirn sehr fein runzelig punktirt, neben den Augen undeutlich längsrunzelig, der Hals jederseits flach querrunzelig. Die Oberlippe ist klein, fast dreimal so schmal als die Stirn zwischen den Augen, nach vorn sehr wenig erweitert, am Vorderrande in tiefem Bogen, fast winkelig ausgeschnitten, in der Mitte der Länge nach deutlich vertieft. Die Wangen sind so breit als die Augen, ein convexer Wulst zieht nach vorn, wo er stumpf verrundet an dem hinteren (unteren) Gelenkhöcker der Mandibel ausläuft, der Fühlereindruck daher nach unten zu deutlich begränzt. Das Kinn ist ziemlich flach, jederseits der Länge nach niedergedrückt, nach vorn deutlich verschmälert und vorn flach ausgerandet; der Kinnzahn ist ziemlich spitz und kurz, etwa halb so lang als die Seitenlappen und nicht höher als die flach gewölbte Mitte des Kinns, welche bis zur Spitze des Kinnzahns in Form eines feinen Kiels sich fortsetzt; dicht am Vorderrande verläuft eine, an der Spitze des Kinnzahns unterbrochene Furche. Die Taster sind ziemlich kurz und dick, das Endglied angeschwollen, gegen die Spitze stark erweitert, etwa $1^1/_4$ mal so lang als am Endrande breit, das vorletzte Glied der Kiefertaster ist gegen die Spitze angeschwollen, etwa zwei mal so breit als an der Wurzel und etwa um ein Viertel kürzer als das letzte Glied. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits ein Borstenpunkt. Die Fühler sind von etwas weniger als halber Körperlänge, das erste Glied cylindrisch, kurz und dick, kaum zwei mal so lang als dick, oben der Länge nach gewölbt, das dritte so lang wie dieses, etwa $1^1/_2$ mal so lang als das zweite, welches kaum merklich länger als das vierte ist; die folgenden Glieder sind dünner, lang cylindrisch.

Das Halsschild ist klein, $1^1/_2$ mal so breit als lang, schwach herzförmig, vor der Mitte am breitesten und flach gerundet, nach hinten in schräger Richtung verschmälert, mit schwach angedeuteter Ausbucht, nach vorn zugerundet, vorn in flachem Bogen gleichmässig ausgerandet, mit schwach stumpfwinkeligen Vorderecken und an diesen kaum etwas schmäler als am Hinterrande. Der Vorderrandwulst ist fein, fast gleichmässig dick, nur an den Vorderecken etwas dünner, wo er in den feinen, scharf abgesetzten Seitenrandwulst übergeht, welcher, nach hinten nur wenig sich verdickend, bis zur Spitze der Hinterzipfel sich erstreckt. Von den Hinterzipfeln nimmt jeder etwa ein Fünftel des Hinterrandes ein, ist sehr kurz, nach hinten etwas abschüssig, innen sehr schräg begränzt und geht unter einem flachen Bogen in den

mitten sehr schwach gerundeten, vor dem Schildchen undeutlich wulstigen Hinterrand über. Die Oberfläche ist ziemlich stark gewölbt, hinten etwas abgeflacht und auf der vorderen Hälfte längs den Seiten schmal niedergedrückt. Die Mitte wird von einer breiten und tiefen, hinten abgekürzten Längsfurche durchzogen, der Längseindruck jederseits vor der Ausbucht des Hinterrandes ist grübchenartig vertieft und setzt sich nach vorn in einem schmalen, tiefen Eindruck fort, welcher fast die Mitte des Halsschildes erreicht; ein undeutlicherer, unregelmässiger Quereindruck zieht sich vor dem Hinterrande nach innen zum hinteren Ende der Mittelfurche. Das Halsschild ist sehr fein quer gerunzelt, in der Mitte geglättet, an den Rändern fein runzelig punktirt, die Punktirung nach hinten zu etwas kräftiger, zwischen den Längseindrücken gröber und etwas spärlicher. Von den beiden Borstenpunkten der Seiten steht der vordere vor der Mitte, der hintere an der Basis der Hinterzipfel. Das Schildchen ist hinten stumpfwinkelig.

Die Flügeldecken sind lang eiförmig, $1^3/_4$ mal länger als breit, hinten stumpf gerundet, mit kaum angedeuteter Ausbucht vor der Spitze, nach vorn allmählich verschmälert, mit abgerundeten, doch deutlichen Schultern. Die Flügeldecken sind bis an die feine Seitenkante regelmässig gewölbt, sehr fein und im Ganzen spärlich granulirt, jede Flügeldecke mit drei Reihen ziemlich grosser, mässig gewölbter, hinten mit einem zugespitzten Höckerchen versehener, länglicher, schwärzlich kupfriger Erhabenheiten; die einander folgenden Erhabenheiten werden von einander geschieden durch flache und undeutliche, doch ziemlich grosse Gruben. Aehnliche, doch ganz kleine und schmale, dicht auf einander folgende Erhabenheiten befinden sich in der Mitte zwischen je zwei der erwähnten Reihen und erscheinen dem unbewaffneten Auge als schmale, unterbrochene, flache Leisten. In der Mitte zwischen der Naht und der ersten Reihe grosser Höcker befindet sich gleichfalls eine Reihe ganz kleiner Höckerchen, während in der Mitte zwischen der dritten Reihe und der aus ziemlich grossen Körnchen bestehenden Umbilicalreihe die kleinen, gereihten Körnchen flacher und rauher sind und von einander weniger deutlich geschieden erscheinen. Zu beiden Seiten der Reihen grosser Höcker ordnen sich die kleinsten matten Körnchen gleichfalls zu je einer Reihe an. Der Nahtwulst besteht aus dem schmalen, convexen sog. Nahtstreif und dem dicht anliegenden, gleichfalls geglättenen ersten Nebenlimes, welche erst auf dem vorderen Viertel der Flügeldecke vollständig mit einander zusammenfliessen. Der Scutellarstreif ist kurz und etwas verwischt. Der Marginalstreif sehr undeutlich, vom aufgebogenen Seitenrande eben so weit entfernt, als der Umbilicallimes breit ist.

Die Unterseite ist fast glatt, die Episternen der Hinterbrust sind nur wenig kürzer als breit, auf dem Hinterleib fehlen die Strigae ventrales vollständig.

Von den vier erweiterten, an der Unterseite spongiösen Gliedern der Vorderfüsse des Männchens ist das zweite $1^1/_2$ mal so breit als lang, das dritte kürzer als dieses, etwa doppelt so breit als lang, das vierte fast doppelt so kurz und schmal als dieses, fast zweimal so kurz als breit.

Ein Männchen dieser Art fand Przewalski in den Alpen der Provinz Kanssu.

15. Carabus (Cratocephalus) Akinini: Oblongus, planiusculus, capite pro parte prothoraceque late cordato supra fere toto rubro-cupreis, hoc lateribus explanato-elevatis; coleopteris cupreo-viridulis, punctato-striatis, limitibus fere omnibus tuberculatis, 4°, 8° et 12° perspicue catenatis tuberculis majoribus sat longis. ♀ 21 mm.

Kleiner, kürzer und sehr viel flacher als *Carabus* (*Cratocephalus*) *Solskyi*, auf den ersten Blick etwas an *Carabus* (*Iniopachus*) *pyrenaeus* erinnernd.

Schwarz, der Kopf oben stellenweise, das Halsschild fast vollständig kupferröthlich, die Flügeldecken kupfrig grünlich; auf der Unterseite sind die Seiten des Halsschildes kupferröthlich und zum Theil auch der umgeschlagene Seitenrand der Flügeldecken.

Der etwas gestreckte Kopf ist fast $1^1/_2$ mal so schmal als das Halsschild, die Stirn nach vorn verschmälert, vorn unter einem fast rechten, etwas abgerundeten Winkel zum Kopfschild verlaufend, welches nach vorn nur wenig verschmälert und vorn bogig ausgerandet ist. Der Kopf ist ziemlich grob, doch flach und spärlich gerunzelt, dazwischen mit einzelnen Pünktchen; in der Mitte, namentlich auf der vorderen Hälfte der Stirn ist die Sculptur vollständig verwischt. Die Längseindrücke sind auf dem Kopfschilde ziemlich schmal und tief, werden nach hinten zu breiter und flacher und verlaufen auf der Stirn einander fast parallel etwa bis zur Mitte der Augen; die mittlere Wölbung ist breit und geht, nach vorn sich etwas verbreiternd, auf das Kopfschild über, wo sie in der Mitte des Vorderrandes flach eingedrückt ist. Der dick gewulstete Seitenrand der Stirn ist innen von einer tiefen Furche scharf begränzt, zwischen dieser und dem Längseindruck ist die Stirn dick und flach der Länge nach gewulstet, welche Wölbung vorn in die gewulsteten Seiten des Kopfschildes übergeht. Die Oberlippe ist zweimal so schmal als die Stirn zwischen den Augen, nach vorn deutlich erweitert, vorn eben so breit als das Kopfschild an der Basis, tief bogig ausgerandet, in der Mitte der Länge nach eingedrückt. Die Wangen sind reichlich so breit wie die Augen und unten, nach vorn zu in stärkerem Grade, convex, der rundliche Fühlereindruck nach unten zu ziemlich deutlich wulstig begränzt. Das Kinn ist in der Mitte zum Kinnzahn ansteigend gewölbt, der Kinnzahn in Form eines grossen, seitlich zusammengedrückten, gerundeten und nach vorn unbestimmt auslaufenden Höckers erscheinend, welcher über die nur wenig breiteren, gerundeten, abgeflachten und vorn undeutlich gerandeten Seitenlappen etwas vorragt. Die Kehle vorn jederseits mit zwei, hinter einander stehenden Borstenpunkten. Die Taster sind schlank, das Endglied gegen die Spitze nur wenig erweitert und etwa doppelt so schmal als am Aussenrande lang; an den Kiefertastern ist das vorletzte Glied gegen die Spitze sehr allmählich und nur wenig verdickt und reichlich eben so lang als das letzte. Die Fühler sind schlank, von halber Körperlänge, das erste Glied so lang als das dritte, oben sehr undeutlich abgeflacht, gegen die Basis etwas verjüngt, $2^1/_2$ mal so lang als dick und $1^1/_2$ mal so lang als das zweite Fühlerglied, welches reichlich eben so lang wie das vierte ist; das zweite, dritte und vierte Fühlerglied an der Basis comprimirt.

Das Halsschild ist breit herzförmig, fast $1^3/_4$ mal breiter als lang, vor der Mitte am breitesten und hier flach gerundet, hinter der Mitte flach und breit ausgeschweift und von

hier ab nach hinten zu fast gerade; vorn ist es in flachem Bogen ausgerandet, mit vollständig abgerundeten Vorderecken und an diesen ein wenig schmäler als am Hinterrande. Der Vorderrandwulst ist in der Mitte breit, doch flach und wird nach aussen zu allmählich schmäler, wo er an den Vorderecken in den etwas aufgebogenen, nach hinten an Dicke stark zunehmenden Seitenrandwulst übergeht, welcher am äusseren Rande der Hinterzipfel unbestimmt ausläuft. Von den Hinterzipfeln nimmt jeder ein Fünftel des Hinterrandes ein und ist vollständig abgerundet, etwa dreimal so kurz als an der Basis breit, etwas nach aussen und hinten gerichtet, und geht unter einem sehr flachen Bogen in den fast geraden Hinterrand über, welcher zwischen den Hinterzipfeln sehr flach gewulstet ist. Die Oberfläche ist sehr wenig gewölbt, vor der Ausbucht des Hinterrandes der Länge nach eingedrückt und von hier ab längs den Seiten, nach vorn zu nur wenig schmäler, abgeflacht und etwas aufgebogen; in dem Längseindruck vor der Ausbucht des Hinterrandes befinden sich zwei unregelmässige, rundliche Grübchen hinter einander; von dem vorderen geht ein bogiger, die abgeflachten Seiten innen begränzender, flacher Eindruck aus, welcher vor dem Vorderrande sich nach innen umbiegt und, flacher werdend, in den anderseitigen übergeht; vom hinteren Grübchen verläuft nach innen, parallel dem Hinterrande, ein unbestimmter, zur Mitte undeutlicher werdender Quereindruck. Die ganze Oberfläche ist sehr dicht gerunzelt punktirt, in der Mitte wie abgeschliffen, die Mittellinie fein, vor dem Hinterrande abgekürzt, dicht am gewulsteten Seitenrande an der Basis der Hinterzipfel mit einer Borste und vor der Mitte mit zwei, weit von einander getrennten Borstenpunkten. Das Schildchen ist hinten bogig abgerundet, in der Mitte fein, divergirend gestrichelt.

Die Flügeldecken sind breit elliptisch, etwa $1^1/_2$ mal so lang wie breit, an den Seiten schwach gerundet, vor der Spitze mit einer sehr flachen Ausbucht, nach vorn sehr wenig verengt, mit stumpfen, abgerundeten, etwas vorstehenden Schultern. Sie sind bis an die fein aufgebogene Seitenkante gleichmässig, doch nur sehr flach gewölbt und mit gereihten, der Länge nach zum Theil zusammenfliessenden, rundlichen, flachen Höckern dicht bedeckt, zwischen welchen die Höcker der vierten, achten und zwölften Reihe etwas breiter und länger sind und als sog. Kettenstreifen deutlich sich darstellen, während die erste Reihe mit dem Nahtstreif zu einem geglätteten flachen Wulst fast vollständig zusammengeflossen ist. Die Höckerreihen sind von einander durch feine, unregelmässige, vertiefte Streifen geschieden, welche stellenweise deutlich punktirt sind. Der Scutellarstreif ist kurz und ziemlich tief. Der Marginalstreif ist undeutlich, von dem aufgebogenen Seitenrande ebenso weit entfernt, als der Umbilicallimes breit ist, und verschwindet vorn an dem geglätteten Schultersaume.

Die Unterseite ist fast glatt, nur die Episternen der Vorderbrust undeutlich gerunzelt. Der Intercoxalfortsatz der Vorderbrust ist hinten schwach, doch deutlich nach oben gekrümmt, die Episternen der Mittelbrust sind etwas kürzer als breit und es fehlen die Strigae ventrales vollständig.

Ein bei Ottuck gesammeltes Weibchen dieser interessanten Art theilte mir Herr Balassoglo als «*Akinini* n. sp.» mit.

16. Carabus (Cratocephalus) puer: Breviter-ellipticus, niger prothorace transversim-quadrato usque ad marginem callosulum lateralem, postice paulo reflexum, convexo, lateribus et postice utrinque violaceo, angulis posticis sat latis, productis; coleopteris breviter-ellipticis violaceo-marginatis, abrupte punctato-striatis, limitibus alternis foveolatis, foveolis subcaeruleo-virescentibus. ♂ 15 mm.

Eine kleine, im Habitus und auch in der Sculptur der Flügeldecken mit *Carabus* (*Cratocephalus*) *cicatricosus* am meisten übereinstimmende Art.

Schwarz, Halsschild an den Seiten und hinten, desgleichen der Seitenrand der Flügeldecken violett, die Grübchen der Flügeldecken bläulich grün. Der Kopf ist ziemlich kurz und dick, glatt, an den Seiten mit kaum angedeuteter Runzelung; die Stirn nach vorn sehr wenig verschmälert, der gewulstete, innen durch eine feine Furche abgesetzte, ziemlich schmale Seitenrand bildet einen stumpfen, etwas verrundeten Winkel mit dem Vorderrande, welcher fast quer nach innen verläuft und in den schrägen Seitenrand des Clypeus unter einem sehr stumpfen, abgerundeten Winkel übergeht. Der Clypeus ist sehr kurz, nach vorn sehr stark verschmälert, hinten reichlich $1^1/_2$ mal so breit als am Vorderrande, welcher in flachem Bogen ausgerandet ist. Die Seiteneindrücke sind tief, jeder etwas mehr als ein Viertel der Breite des Clypeus einnehmend und fast in gleicher Tiefe und Länge auf die Stirn übergehend; der Raum zwischen diesen beiden kurzen Längseindrücken flach gewölbt und mit stark vertiefter, fast furchenartiger Naht zwischen Stirn und Kopfschild. Letzteres in der Mitte des Vorderrandes mit einem tiefen Eindruck, welcher nach vorn in den Längseindruck der Oberlippe übergeht. Diese ist reichlich dreimal so schmal als die Stirn zwischen den Augen, mit fast parallelen Seiten, am Vorderrande tief, fast winkelig ausgeschnitten. Die Wangen sind reichlich so breit als die Augen, der Länge nach, nach vorn zu stärker, convex. Das Kinn ist an den Seiten gerundet, die Seiten abgeflacht, mit schwach wulstig aufgebogenem Seitenrande und etwas winkeligen Vorderecken, die Ausrandung ist flach, von kaum einem Drittel der Länge des Kinns, hinter dem Vorderrande mit einer flachen, an der Basis des Kinnzahns abgekürzten Furche. Die breite, mittlere Wölbung des Kinns geht vorn in den kleinen, spitzen, etwas comprimirten Kinnzahn über, welcher kaum halb so lang als die Seitenzipfel des Kinns ist. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits ein Borstenpunkt. Die Taster sind ziemlich kurz und dick, das Endglied etwas angeschwollen, gegen die Spitze stark erweitert, etwa nur $1^1/_2$ mal länger als am Endrande breit, das vorletzte Glied der Kiefertaster gegen die Spitze allmählich verdickt, so lang als das letzte. Die Fühler sind etwas kürzer als der halbe Körper, das erste Fühlerglied zur Basis etwas verjüngt, oben gewölbt, zwei mal so lang als an der Spitze dick, das dritte so lang wie dieses, an der Basis undeutlich comprimirt, etwa $1^1/_2$ mal so lang als das zweite, welches reichlich eben so lang wie das vierte ist.

Das Halsschild ist kurz, doppelt so breit als lang, vor der Mitte am breitesten, nach vorn schwach zugerundet, nach hinten fast in gerader Richtung kaum merklich verschmälert und hier deutlich breiter als an den etwas stumpfwinkeligen, nach unten gerichteten Vorder-

ecken. Der Vorderrand ist in tiefem Bogen ausgerandet; der Vorderrandwulst ist flach, doch scharf abgesetzt, wird nach aussen feiner und geht an den Vorderecken in den nach hinten zu etwas dicker werdenden Seitenrandwulst über, welcher hinten wieder etwas schwächer werdend, die kurzen Hinterzipfel an ihrer äusseren Hälfte umsäumt. Von diesen nimmt jeder kaum etwas mehr als ein Fünftel des Hinterrandes ein, ist an der Basis fast dreimal so breit als lang, als vollständig abgerundeter Lappen gerade nach hinten gerichtet, und geht unter einem sehr flachen Bogen in den geraden Hinterrand über. Die Oberfläche ist bis zu dem sehr schmal, nach hinten zu ein wenig breiter aufgebogenem Seitenrande gleichmässig, ziemlich stark gewölbt, jederseits vor der Ausbucht des Hinterrandes mit einer kurzen und sehr flachen Grube versehen, welche nach aussen aber durch die in die innere Hälfte des Hinterzipfels sich fortsetzende Wölbung des Halsschildes gut begränzt erscheint. Die Mittellinie ist breit und tief, fast furchenartig, und reicht bis an den Hinterrand des Halsschildes. In der Mitte ist das Pronotum fast glatt, nur mit Spuren feiner Runzeln, hinten jederseits sehr fein und dicht gerunzelt punktirt, welche Punktirung, etwas schwächer werdend, sich als schmaler Streifen bis zu den Vorderecken erstreckt; zwischen den hinteren flachen Gruben ist das Halsschild am Hinterrande zerstreut, etwas gröber, kaum runzelig punktirt; einige wenige ähnliche Punkte befinden sich vorn, dicht hinter dem Vorderrandwulst. An den Seiten befindet sich vor der Mitte ein Borstenpunkt und ein zweiter an der Basis der Hinterzipfel. Das Schildchen ist sehr kurz und breit, am hinteren, gewölbt abschüssigen, Rande breit abgerundet.

Die Flügeldecken sind $1^1/_2$ mal so lang als breit, regelmässig elliptisch, nach vorn und hinten fast gleichmässig zugerundet, mit vollständig abgerundeten Schultern, der wulstige Seitenrand schmal aufgebogen und zwar nach vorn zu deutlich stärker. Die Flügeldecken sind bis an den aufgebogenen Seitenrand gewölbt, mit unregelmässigen, vielfach verschwindenden, ziemlich grob punktirten, seichten Streifen versehen, deren Zwischenräume unregelmässig und unterbrochen flach gewölbt sind; der zweite, vierte, sechste, achte, zehnte, zwölfte und vierzehnte der ganzen Länge nach durch unregelmässige, rundlich viereckige, vorn mit einem kleinen Höckerchen versehene, die ganze Breite des Limes einnehmende Grübchen unterbrochen, die Umbilicalreihe als ähnliche, kaum etwas kleinere Grübchen erscheinend, welche nur gegen die Schultern die gereihten Körnchen allein zeigt. Der Marginalstreifen ist fein und etwas verwischt, nahe am Seitenrande verlaufend.

Die Unterseite ist fast glatt, die Episternen der Hinterbrust etwas kürzer als breit, die Ventralstrigae fein, doch deutlich, nur auf dem letzten Segment in der Mitte unterbrochen.

Von den vier erweiterten, an der unteren Seite mit einer Bürste versehenen Gliedern der Vorderfüsse des Männchens ist das zweite etwa $1^1/_2$ mal so breit als lang, das dritte etwas kürzer als dieses, das vierte mehr als doppelt so kurz als das dritte und um ein Viertel schmäler, reichlich doppelt so breit als lang.

Ein bei Ottuck gesammeltes Männchen dieser Art theilte Herr Balassoglo unserem

Museum mit als den von Ballion (Bull. Mosc. 1878. I. p. 261. 10.) beschriebenen *Carabus variabilis*. Die letztere Art ist aber bedeutend grösser und gehört zur Untergattung *Carabus* in Thomson's Auffassung, und erinnert auf den ersten Blick etwas an *Carabus nemoralis*, von welchem sie übrigens sehr verschieden ist. Ballion's *Caraben*-Beschreibungen sind im Allgemeinen sehr gut, jedenfalls ungleich besser als die von Solsky gegebenen, welchem man ganz unverdienterweise mehr Exactheit aufbürdet.

17. Carabus (Cratocephalus) infantulus: Oblongus, piceo-niger, prothorace transverso, parvo, postice rotundatim angustato, usque ad marginem lateralem tenuiter callosum convexo, angulis posticis minimis; coleopteris breviter-ellipticis, convexis, irregulariter punctato-striatis, limitibus 4°, 8° et 12° latioribus obsolete catenatis, ceteris inaequalibus. ♂ 12 mm.

Kleiner und schlanker als die vorige Art, durch die gewölbten Augen, das verkürzte vierte Fühlerglied, welches an Länge vom zweiten merklich übertroffen wird, das kleine, an den Seiten gerundete, nach hinten merklich verschmälerte Halsschild, an welchem die Hinterzipfel kaum angedeutet sind, unter den Arten der *Cratocephalus*-Gruppe sehr ausgezeichnet.

Pechschwarz, die Schenkel bei dem mir vorliegenden Männchen pechbraun. Der Kopf ist ziemlich dick, hinten äusserst fein und undeutlich gestrichelt, nach vorn zu glatt, die Augen klein, aber halbkugelig vorgequollen, die Stirn nach vorn wenig verschmälert, mit fein gewulstetem Seitenrande, welcher unter einem einspringenden, stumpfen und ziemlich breiten, verrundeten Winkel in den Seitenrand des nach vorn etwas stärker verschmälerten Kopfschildes übergeht. Die Oberlippe ist vorn bogig ausgerandet, nach vorn kaum merklich erweitert, vor dem Vorderrande mit einem queren Eindruck, welcher nach hinten in einen schmalen Längseindruck sich fortsetzt; sie ist sehr wenig schmäler als die Basis des Kopfschildes und zwei mal so schmal als die Stirn zwischen den Augen. Der Clypeus ist mit der Stirn verschmolzen, am Vorderrande fast gerade und in der Mitte desselben mit einem tiefen Eindruck versehen; die Seiteneindrücke sind ziemlich tief, jeder nimmt etwa ein Viertel des Kopfschildes ein und setzt sich, flacher und undeutlicher werdend, auf die Stirn, fast bis zu den Augen hin, fort, wo sie etwas gegen einander gekrümmt sind; der Raum zwischen diesen beiden Seiteneindrücken ist ziemlich gleichmässig flach gewölbt. Die Wangen sind so breit als die Augen, der Länge nach convex. Das Kinn ist in der Mitte schwach gewölbt, nach vorn zu etwas verschmälert, an den Seiten gerundet, vorn breit, doch flach ausgerandet, die Seitenzipfel vorn winkelig, etwas länger als der Kinnzahn, welcher kurz dreieckig ist, mit etwas abgerundeter Spitze, und mit einem schwachen Längskiel versehen erscheint. Hinter dem Kinn befindet sich jederseits ein Borstenpunkt. An den Tastern ist das Endglied ziemlich gestreckt, gegen die Spitze nur schwach erweitert, fast zweimal so lang als an der Spitze breit, an den Kiefertastern etwa $1^1/_2$ mal so lang als das vorletzte Glied. Die Fühler sind etwas kürzer als der halbe Körper, das erste Fühlerglied zur Basis etwas verschmälert, oben gewölbt, zwei mal so lang als an der Spitze dick, das dritte so lang wie dieses, an der

Basis undeutlich comprimirt etwas weniger als $1^1/_2$ mal so lang als das zweite; das vierte Fühlerglied ist kurz, deutlich kürzer als das zweite.

Das Halsschild ist klein, doppelt so breit als lang, vor der Mitte am breitesten, an den Seiten mässig gerundet, nach hinten zu etwas mehr als nach vorn verjüngt, an den abgerundeten Vorderecken ein wenig breiter als am Hinterrande. Der Vorderrand ist in flachem Bogen ausgerandet, der Vorderrandwulst ist scharf abgesetzt, wird nach aussen feiner und geht an den Vorderecken in den ziemlich gleichmässigen feinen Seitenwulst über, welcher feiner werdend, die kurzen Hinterzipfel umsäumt und am Hinterrande kurz vor dem Schildchen verschwindet. Von den Hinterzipfeln nimmt jeder etwa nur ein Achtel des Hinterrandes ein, ist klein und kurz, abgerundet, und geht unter einem flachen Bogen in den fast geraden Hinterrand über. Die Oberfläche ist bis zu dem fein gewulsteten Seitenrande gleichmässig gewölbt, hinten jederseits mit einem kurzen, unbestimmten, im Grunde stärker vertieften Längseindruck versehen und dazwischen vor dem Hinterrande quer eingedrückt. Die Mittelfurche ist deutlich, vor dem Hinterrande abgekürzt. Die ganze Oberfläche ist grob, doch sehr flach gerunzelt und mit groben, doch ziemlich seichten und spärlichen Punkten versehen, welche nur hinten jederseits etwas gedrängter sind, auf der Scheibe dagegen fast ganz verwischt erscheinen. Dicht am Seitenrandwulst des Halsschildes befindet sich hinten, an der Basis der Hinterzipfel, ein Borstenpunkt und zwei, ziemlich weit von einander entfernte, stehen vor der Mitte des Halsschildes. Das Schildchen ist flach gewölbt, die hintere Ecke deutlich stumpfwinkelig, die Seitenränder etwas convex.

Die Flügeldecken sind etwas weniger als $1^1/_2$ mal länger als breit, elliptisch, mit gerundeten Seiten, nach hinten etwas mehr als nach vorn verengt, mit stumpfen, vollständig abgerundeten Vorderecken, der Seitenrand der ganzen Länge nach gleichmässig, kaum etwas aufgebogen, sehr fein gewulstet. Die Flügeldecken sind bis zu den Seiten hin ziemlich stark gewölbt und mit unregelmässigen, gegen die Wurzel und Spitze verwischten, ziemlich grob punktirten, seichten Streifen versehen, deren Zwischenräume ungleichartig sind: der vierte, achte und zwölfte sind am breitesten und der ganzen Länge nach durch unregelmässige und flache, vorn mit einem Höckerchen versehene Gruben, welche aber ziemlich deutlich sich darstellen, in sog. Kettenstreifen aufgelöst; der zweite, sechste, zehnte und vierzehnte sind schmäler und durch kleinere, aber zahlreichere, ähnliche Grübchen vielfach, doch unregelmässiger unterbrochen, die übrigen Zwischenräume oder die Nebenlimes sind noch schmäler und verschwinden hinter der Mitte der Flügeldecken vollständig. Die Grübchen des Umbilicallimes sind undeutlich und verschwinden nach vorn zu, wo nur noch die Körnchen wahrnehmbar bleiben. Der Marginalstreifen ist seicht, nahe dem Seitenrande verlaufend, und erst kurz vor den Schultern abgekürzt.

Die Unterseite ist glatt, die Episternen der Hinterbrust kürzer als breit, etwas quer, die Ventralstrigae gar nicht angedeutet.

Von den vier erweiterten, an der Unterseite mit einer Bürste versehenen Gliedern der Vorderfüsse des Männchens ist das zweite etwas mehr als $1^1/_2$ mal so breit als lang, das

dritte sehr viel kürzer als dieses, reichlich doppelt so breit als lang, das vierte ist kleiner, $1\frac{1}{2}$ mal so schmal und wohl zweimal so kurz als dieses, doppelt so breit als lang.

Ein Männchen dieser Art fand Przewalski in den Tannenwäldern des nördlichen Tjan-schan am Flusse Zanma in 6000′ Höhe.

Diese Art glaubte ich anfänglich, als mir nur solche *Cratocephalus*-Arten bekannt waren, deren Männchen drei mit einer Bürste versehene, erweiterte Fussglieder haben, wie *Carabus cicatricosus*, *Solskyi* und *Balassogloi*, als Repräsentanten einer neuen *Caraben*-Gruppe ansehen zu müssen, um so mehr als diese Art einen *Harpaliden*-artigen Habitus hat; aber späterhin, als ich noch andere *Cratocephalus*-Arten untersuchen konnte, überzeugte ich mich, dass in dieser *Caraben*-Gruppe die Männchen der einzelnen Arten drei oder auch vier erweiterte und an ihrer Sohle mit einer Bürste versehene Glieder der Vorderfüsse haben. Da die vorher beschriebenen *Cratocephalus*-Arten im Habitus ausserordentlich verschieden sind, so ist kein Grund vorhanden, diese Art nicht der *Cratocephalus*-Gruppe einzureihen, und muss die von Thomson gegebene Characteristik dieser Untergattung nach den Angaben, welche ich über die neuen Arten gemacht, wesentlich geändert werden. Und dies dürfte wohl bei jeder *Caraben*-Gruppe der Fall sein, welche auf eine einzige Art begründet ist, indem jede neu hinzukommende Art einzelne der sog. Gruppenmerkmale zu specifischen herabdrücken dürfte. So auffallend z. B. der kegelförmige Zapfen an den Wangen von *Pantophyrtus* ist, durch die neu aufgefundenen, dem *Carabus turcomanorum* zunächst verwandten Formen, erweist sich dieses Merkmal von absolut gar keiner Bedeutung, ja, bei *Carabus turcomanorum* erweist sich dieser Kegel der Wangen sogar als variabel. Ich sah mich daher auch gezwungen, die *Pantophyrtus*-Gruppe nicht anzuerkennen und mit der *Cratocephalus*-Gruppe zu vereinigen. Trennungen sind im Allgemeinen leichter als richtige Vereinigungen; ich selbst betrachte alle *Caraben*-Gruppen als provisorische und werden nach und nach viele, wenn nicht vielleicht alle wieder mit einander vereinigt werden, und wird dann Niemand mehr daran zweifeln, dass die «Gattung» *Carabus* eine natürliche ist. Wenn Kraatz vielleicht nochmals der Meinung sein sollte, dass ich mich wiederum bemüht, den Nachweis zu liefern, dass sog. constante Merkmale sich nicht bewähren, so bitte ich ihn, seine abweichende Ansicht nicht einfach auszusprechen, sondern durch Gründe zu belegen, wie ich es in dieser Arbeit versucht. Kraatz steht jedenfalls, ganz abgesehen von seiner eigenen grossen Sammlung, in Berlin ein ungleich grösseres Material zu Gebote, während ich einzig und allein auf unsere akademische Sammlung angewiesen war, zu welcher erst in ganz neuester Zeit auch einige wenige hiesige Entomologen einzelne interessante Beiträge geliefert. So viel ich gehört, sollen in den St. Petersburger Privatsammlungen gegenwärtig ungefähr doppelt so viele neue centralasiatische *Caraben* vorhanden sein, als ich vorstehend habe beschreiben können; das konnte für mich schliesslich kein Grund sein, diese Arbeit ganz zu unterdrücken, so unvollständig das hier besprochene Material auch sein mag im Vergleich zu der enormen Anzahl der in Centralasien vorkommenden Arten der Gattung *Carabus*.

Meine ursprüngliche Absicht, die centralasiatischen *Carabinen* im Zusammenhange zu besprechen, musste ich leider unausgeführt lassen, da mir, wie ich im Eingange dieser Arbeit es erwähnt, zur Zeit auch noch viele der bereits beschriebenen Arten unbekannt geblieben sind. Hinsichtlich letzterer beschränke ich mich daher auch vorläufig auf einzelne Bemerkungen, welche zur Klärung vielleicht etwas beitragen dürften.

Unserem Museum sind leider nur ein paar der von früher bekannten centralasiatischen *Carabus*-Arten in etwas grösserer Individuenzahl zugekommen und es zeigt ein Vergleich der Individuen jeder dieser Arten, dass die *Carabinen* Centralasien's, wie es übrigens wegen der überaus wechselnden Terrainformation von vornherein zu erwarten war, ausserordentlich variabel sind. Es dürfte daher leicht vorkommen, dass abweichende Individuen ein und derselben centralasiatischen Art als Individuen verschiedener Arten angesehen werden, und wenn die Identificirung in manchen Fällen schon schwierig erscheint bei directem Vergleich solcher in Form, Sculptur, Grösse und Färbung von einander abweichender Exemplare, so ist dieselbe eigentlich ganz unmöglich, wenn die von Dohrn z. B. veröffentlichten sog. Beschreibungen den einzigen Anhalt dazu geben, — Beschreibungen, in welchen das Wesentlichste die Erwähnung ist, dass die als neu aufgeführten Arten «auch anderen Coleopterologen specifisch different zu sein scheinen, obschon es nicht gelingen wollte, die puncta differentiae durch Worte auszudrücken. Solche Fälle kommen zuweilen vor» — bei Dohrn (cf. Stett. Entom. Z. 1885. p. 78. 298.).

Zu den Arten, welche wiederholt verkannt worden sind, gehören auch die von Solsky beschriebenen turkestaner *Carabinen*, was zum Theil wohl daran liegt, dass Solsky die von ihm unterschiedenen Formen nur in einzelnen Exemplaren vor sich hatte, zum Theil aber auch wohl daran, dass die ausführlicheren russischen Beschreibungen den wenigsten Entomologen verständlich sein dürften, ganz abgesehen davon, dass sie ohnehin so unklar wie nur irgend möglich abgefasst sind. Unter den *Caraben* ist es namentlich der *Carabus Stschurowskii*, für welchen, wie es scheint, ziemlich allgemein zwei andere Arten genommen werden, von welchen Ballion die eine als *Carabus Bogdanowi* und *carbonarius*, die andere als *Carabus kuldshaensis* gleichfalls nach einzelnen Exemplaren beschrieben.

Es scheint, dass Dohrn (Stett. Entom. Z. 1884. p. 406. 291.), welcher Exemplare der beiden genannten turkestaner *Carabus*-Arten von Dshuuka (bei Dohrn Dschunka) oder Ferghana als zu *C. Stschurowskii* gehörig besprochen, den ersten Anlass zu diesem Irrthum gegeben. Dohrn erwähnt ein Exemplar von 17 mm., sieben von 21—22 mm., und eines von 24 mm.; alle «neun Exemplare harmoniren wesentlich im äusseren Habitus, im Bau des Halsschildes mit seinem vorn wenig, hinten stärker aufgeworfenen, mit den Hinterecken die Elytra überragenden Rande (!!), und mit den anscheinend glatten Flügeldecken; die letzteren zeigen unter der Lupe (aber eben nur unter dieser) eine runzlige (!) Sculptur». Drei andere, von Dohrn später erhaltene Exemplare aus Wernoje weichen in der Hinsicht ab, «als sie stark und dem blossen Auge ganz deutlich gerunzelt (!) sind. Ferner sind diese Exemplare anscheinend auf der Oberseite flacher gedrückt und die Schulterecken scheinen eckiger gewinkelt als die mehr abgerundeten der neun älteren». Da Dohrn's Exemplare

aus Dshuuka ohne Zweifel derselben Quelle entstammen, wie die unserem Museum von Herrn Balassoglo freundlichst überlassenen, so bin ich gar nicht im Zweifel darüber, was Dohrn als *Carabus Stschurowskii* besprochen; die von Solsky als *C. Stschurowskii* beschriebene Art ist sie aber sicher nicht, wie ein noch so flüchtiger Blick auf Solsky's lateinische Diagnose evident darthut. Aus Solsky's Diagnose hebe ich hervor: «Ovatus, thorace parvo, angulis posterioribus rotundatis, vix prominulis. Elytris ovatis, sat crebre punctato-striatis, interstitiis striarum angustis, alternis distincte latioribus, subelevatioribus; foveolis majoribus parum profundis, subobsoletis triplice serie impressis. $22^1/_3$ mm. latitud. elytrorum 10 mm.» Es ist absolut unverständlich, wie Dohrn diese Angaben auf die ihm vorliegenden Exemplare hat beziehen können. Die kaum vorragenden Hinterzipfel eines im Vergleich zu den Flügeldecken kleinen Halsschildes können die Flügeldecken nicht umfassen oder, wie Dohrn sich ausdrückt, die Elytra überragen! In der Beschreibung hebt Solsky es hervor, dass die Flügeldecken dicht gedrängte, sehr wenig vertiefte Längsfurchen haben mit nicht sehr kleinen, etwas unregelmässigen und wenig tiefen, länglichen Punkten. Die Zahl der Streifen hat Solsky auch hier zwar nicht angegeben, auch nicht in welchen Zwischenräumen die drei Reihen Grübchen sich befinden, aber bei einem *Carabus*, dessen Flügeldecken, wie Solsky angibt, hinter der Mitte zehn Millimeter breit sind, müssen die einzelnen Feldchen (areolae) zwischen den drei Grübchenreihen acht Punktreihen haben, wenn von den Zwischenräumen, wie in der Diagnose angegeben, «angustis» gesagt werden darf, und wenn die vertieften Streifen als ziemlich dicht gedrängt angegeben werden. Die Solsky'sche Art hat in neuester Zeit Haury (Naturaliste III. 1886. p. 215.), obgleich er sie unter dem richtigen Namen als *C. Stschurowskii* erhalten, als angeblich neue Art unter dem Namen *Carabus lineellus* beschrieben, wenigstens vermag ich in Haury's Beschreibung, bei genauem Vergleich mit der von Solsky gegebenen, keinen Anhaltspunkt zu finden, der auf eine specifische Verschiedenheit hinweisen könnte. Haury hat wahrscheinlich als *Carabus Stschurowskii* dieselben Formen angesehen, wie auch Dohrn und Géhin (Catalog. des Carab. 1885. p. 52.), und eben deshalb behauptet auch Haury, dass *C. Stschurowskii* und *C. lineellus* zu verschiedenen Gruppen gehören, während sie in Wirklichkeit durchaus identisch sind. In neuester Zeit ist der *Carabus Stschurowskii* als *Carabus lineellus* auch von Kraatz (Deutch. Ent. Z. 1886. p. 256. tab. 1. fig. 11.) abgebildet worden.

Die von Dohrn irrigerweise als *C. Stschurowskii* erwähnte Art ist dagegen die von Ballion (Bull. Mosc. 1878. I. p. 263. 12.) als *Carabus carbonarius* beschriebene Varietät des *C. Bogdanowi* und wahrscheinlich gehören die aus Wernoje stammenden Exemplare einer ähnlichen, glatten Varietät des *C. kuldschaensis* an. Géhin (Catalog. des Carab. 1885. p. 52. 16.) zieht zu Ballion's *Carabus carbonarius* auch Ballion's *C. Lindemanni* und *C. subparallelus*, welche aber der Beschreibung nach sehr verschieden sind, und führt überdies die genannten drei *Caraben* als Varietäten des *Trachycarabus Stschurowskii* an, wahrscheinlich nur, weil er der deutschen und lateinischen Sprache nicht mächtig ist und daher Ballion's recht genaue Angaben über die beiden letzt genannten *Caraben* nicht verstanden.

Da Géhin bei seinen angeblichen *C. Lindemanni* und *subparallelus* «Djououka» als Fundort angibt, so dürften die von Géhin dafür angesehenen Exemplare mit Dohrn's Exemplaren aus Dshuuka identisch sein und aus derselben Quelle stammen. Der mit Ballion's *C. carbonarius* aber sicher zu ein und derselben Art gehörende *C. Bogdanowi* wird von Géhin (l. c. p. 54. 4.) als *Mimocarabus* (!) aufgeführt, zu welchem *C. kuldschaensis* einfach als Synonym hinzugezogen wird!

Carabus carbonarius ist die glatteste Varietät des *C. Bogdanowi.* Die Exemplare dieser Form sind breit eiförmig, auf den Flügeldecken sind aber, ausser den vertieften, an der Naht undeutlich längsgereihten Punkten, die von Ballion erwähnten, nach der Flügeldeckenspitze hin deutlicheren und dichter stehenden Körnchen längs dem ganzen Seitenrande vorhanden und werden gegen den Rücken zu spärlicher und flacher, wo schliesslich nur noch die eingestochenen Punkte wahrnehmbar bleiben. Drei glattere Längszüge oder Costallimes machen sich im Mittelfelde jeder Flügeldecke bemerklich, in welchen nach hinten zu einzelne, gereihte, grössere, rückwärts zugespitzte Höckerchen, deren Umgebung flach eingedrückt ist, sich befinden; die Körnchen der Umbilicalreihe sind zahlreich und regelmässig gereiht, ein wenig grösser und schärfer als die am Seitenrande befindlichen. Unter den mir, während des Drucks dieses Bogens, von Herrn A. Rybakow mitgetheilten, am Naryn im Ak-Schirjak gesammelten Exemplaren befindet sich ein Weibchen, welches zu Ballion's Beschreibung insofern noch besser passt, als bei diesem Stück die Körnchen nur dicht vor der Flügeldeckenspitze und in einem sehr schmalen Zuge längs dem Seitenrande spärlich vorhanden, auf der Scheibe der Flügeldecken dagegen ganz verwischt sind, und undeutlich sind auch die vertieften Punkte mit Ausnahme der drei Reihen zwischen dem Nahtstreifen und dem ersten Costallimes. In den drei Costallimes befinden sich, in ähnlicher Weise, wie vorher erwähnt, einzelne grössere gereihte Höckerchen, deren Umgebung etwas eingedrückt ist, aber da die ganze Scheibe der Flügeldecken glatt und glänzend ist, so machen sich diese Längszüge in keiner anderen Weise bemerklich als eben durch diese grösseren gereihten Höckerchen. Es war mir dieses Exemplar insofern wichtig, als nun jeder Zweifel an der Identität mit Ballion's *Carabus carbonarius* vollständig beseitigt war. Ein anderes Weibchen aus Dshuuka weicht hinsichtlich der Sculptur der Flügeldecken darin ab, dass zwischen den drei glatten Längszügen oder den Costallimes je drei sehr flache, sehr seicht, aber dennoch deutlich unterbrochene, durch ganz flache Längsfurchen von einander abgesetzte Limes vorhanden sind, und befindet sich am hinteren Ende jeder flachen Vorwölbung ein kleines, zum Theil freilich auch undeutliches Höckerchen. An diese Form schliesst sich Ballion's *Carabus Bogdanowi* an, bei welchem diese Vorwölbungen an allen Limes stärker sind, und bei welchem auch die Costallimes der ganzen Länge nach in ähnlicher Weise, wie die übrigen Limes, Vorwölbungen haben oder, was dasselbe ist, unterbrochen sind. Dass der von Ballion (Bull. Mosc. 1878. I. p. 254. 5.) beschriebene *Carabus Bogdanowi* zu derselben Art wie der von Ballion (l.c.p.263.12.) gleichzeitig beschriebene *Carabus carbonarius* gehört, kann darnach keinem Zweifel unterliegen. Die beiden Exemplare des *C. Bogdanowi,* welche mir

vorliegen, sind gleichfalls im Kuldscha-Gebiet gesammelt und sind unserem Museum von Dr. Staudinger mitgetheilt worden. Beim Männchen sind die Flügeldecken glänzender und die Tuberkeln überdies weit flacher als beim Weibchen, die Costallimes weniger unterbrochen und stellenweise als zusammenhängende Längszüge vorhanden. Ballion hat den *Carabus Bogdanowi* nach einem einzelnen Weibchen beschrieben und scheint auch von der als *C. carbonarius* beschriebenen Varietät nur das Weibchen gekannt zu haben.

Sowohl von Dshuuka, als auch vom Ak-Schirjak liegen mir Exemplare vor, deren Flügeldeckenschultern weniger abgerundet sind, indem der an der Schulter zur Basis der Flügeldecke sich umbiegende Rand hier mehr quer nach innen als schräg nach innen und vorn verläuft. Die Exemplare sind sämmtlich schmäler und auch etwas kleiner als die vorher als *C. Bogdanowi* nebst var. *carbonarius* besprochenen, dagegen eben so stark oder noch etwas stärker gewölbt. Die Sculptur der Flügeldecken ist ganz ähnlich und in gleicher Weise variabel, nur treten bei der Form, deren Flügeldecken deutliche, indessen etwas gestreckte Höcker haben, die Costallimes in längerer Strecke zusammenhängend als gewölbte, glatte Längszüge hervor. An diese, mit deutlich gehöckerten Flügeldecken versehene Exemplare schliesst sich der von Ballion (Bull. Mosc. 1878. I. p. 262. 11.) beschriebene *Carabus kuldshaensis* an, von welchem mir ein von Przewalski am unteren Kungess gesammeltes Männchen und ein von A. Regel gleichfalls im Kuldsha-Gebiet gefundenes Weibchen vorliegen. Die Flügeldecken haben bei dem genuinen *C. kuldshaensis* eigentlich in Tuberkeln aufgelöste, stumpfe Längskiele. Das Halsschild ist bei allen Exemplaren deutlich gestreckter mit vorn sehr wenig, nur im hinteren Drittel breiter und deutlicher aufgebogenen Seiten. Der Forceps des Männchens ist hinten bogig gerundet und vorn etwas flacher ausgerandet, zur Spitze an Breite deutlich abnehmend, bei dem grösseren und breiteren *C. Bogdanowi* ist der Forceps, ganz gegen Erwartung, im Ganzen schmäler, hinten, kurz vor der Spitze in sehr stumpfem verrundetem Winkel umgekrümmt und auch vorn vor der Spitze gerundet stumpfwinkelig ausgeschweift. In dieser Hinsicht kann ich aber nur ein Männchen von *C. Bogdanowi* und ein Männchen von der als *carbonarius* unterschiedenen Varietät einerseits, mit einem Männchen von *C. kuldshaensis* und einem solchen der glatten Form andrerseits vergleichen. Nach diesem Befunde darf aber *C. kuldshaensis* zunächst jedenfalls noch nicht mit *C. Bogdanowi* vereinigt werden, sondern beide müssen vorläufig als zwei einander sehr ähnliche und in ähnlicher Weise variirende, nahe verwandte Arten angesehen werden. Bei den Männchen beider Arten sind die Fühler einfach. Die glatte Form des *C. kuldshaensis* kann als var. *carbonicolor* auf eine besondere Bezeichnung wohl Anspruch machen.

Heyden (Deutsch. Entom. Z. 1885. p. 273.) führt *C. Bogdanowi* aus Kuldsha an, hat aber nur ein Männchen gehabt, welches, wie erwähnt, glattere Flügeldecken hat mit weniger erhabenen Tuberkeln, als sie Ballion von dem ihm allein bekannten Weibchen beschreibt. Das von Heyden (l. c.) als var. *kuldshaensis* verzeichnete Exemplar «mit mehr gleichmässig gerundetem Halsschild und stumpfen Ecken» ist sicher nicht *C. kuldshaensis*, sondern erst recht ein *C. Bogdanowi*, da Ballion im Gegensatz zu *C. kuldshaensis* dem *C. Bogdanowi*

gerade stumpfere Hinterecken des Halsschildes zuschreibt. In dieser Hinsicht variiren aber die beiden genannten *Caraben* sehr. Ballion's *C. carbonarius* hatte Heyden (Catal. d. Coleopt. Sibir. 1880. p. 12.), ohne ihn jemals gesehen zu haben, *Carabus turkestanicus* genannt, und führt Heyden (Deutsch. Entom. Z. 1885. p. 274.) unter den Kuldsha-Käfern auch den *C. turkestanicus* Heyden (*carbonarius* Ballion non Motsch.) auf. Was ist aber *C. turkestanicus* Heyden? *C. turkestanicus* Heyden (Catal. d. Coleopt. Sibir.) ist unzweifelhaft *C. carbonarius* Ballion. *C. turkestanicus* Heyden (Deutsch. Entom. Z. 1885.), dessen Flügeldecken «deutlich in Längsreihen geordnete Punkte» zeigen, dagegen gewiss nicht, und hat Heyden, wie er es selbst angibt, früher, also als er Ballion's *C. carbonarius* in *C. turkestanicus* umgetauft, diese Exemplare für *C. Lindemanni* gehalten, den kleinsten von Ballion's *Caraben* von nur 15 mm. Länge! Heyden weiss also selbst nicht, was sein *Carabus turkestanicus* ist, der beste Beweis, dass das Umbenennen von Arten, deren Namen anderweitig gebraucht und sogar schon längst in Synonymie gebracht, ein ausserordentlich wohlfeiles, aber dem Umbenenner selbst unter Umständen schliesslich doch nur wenig Freude bringendes Vergnügen ist, welches nicht hart genug an den Pranger gestellt werden kann. *Carabus carbonarius* Ballion «verweist wenigstens auf eine Beschreibung», wie Kraatz (Deutsch. Ent. Z. 1878. p. 421. Anmerkung 2.) gelegentlich richtig hervorhebt, *Carabus turkestanicus* Heyden auf einen *Carabus*, welchen der Benenner selbst nicht erkennen kann! Nur schade ist es, dass Kraatz solche, für Andere zur Beachtung empfohlene Vorschriften selbst immer unbeachtet lässt, und daher gleich darauf selbst (Deutsch. Ent. Z. 1879. p. 398. Anmerkung 1.) Ballion's *Carabus angustatus* in *Carabus Ballionis* umtauft, weil unter dem Namen «*angustatus*» Panzer und Redtenbacher zwei *Caraben* aufgeführt, welche in Synonymie zu anderen, bereits früher bekannt gemachten *Caraben* gebracht worden sind, an deren Identität auch Kraatz nicht zweifelt, und kann Kraatz billigerweise Géhin keinen Vorwurf daraus machen, dass er so viele Namen ändern zu müssen glaubte, da schliesslich Géhin in dieser Hinsicht doch nur den Spuren von Kraatz und Heyden gefolgt ist. Was übrigens den mir unbekannten *Carabus Lindemanni* anbetrifft, so zeigt Heyden's Angabe, dass dieser ein *Orinocarabus* sei, mindestens von Flüchtigkeit, da Ballion bei dieser Art den vierten, achten und zwölften Zwischenraum der Flügeldecken unterbrochen nennt, und hätte Heyden Ballion's Beschreibung mit seinen früher für *C. Lindemanni* gehaltenen Exemplaren überhaupt verglichen, so hätte er wohl auch bemerkt, dass Ballion's Angabe, *C. Lindemanni* gehöre zu Dejean's zwölfter Gruppe ein Schreib- oder Druckfehler ist, indem *C. Lindemanni*, nach Ballion's Beschreibung, nur in Dejean's elfte Gruppe (zwölfte der Iconographie) gehören kann.

Eine seit längerer Zeit bekannte *Carabus*-Art, welche unser Museum gegenwärtig in fünf Exemplaren besitzt, ist der von Chaudoir (Bull. Mosc. 1852. I. p. 94. 2.) nach einem einzelnen Männchen vom Nor-Saissan beschriebene *Carabus Mniszechi* von $6^1/_4'''$ = circa 15 mm. Länge, wie mir ein gleich grosses, bei Ak-Dshar von Oschanin gesammeltes Männchen Herr Balassoglo mitgetheilt. Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1885. p. 283. 2.) beschreibt genau dieselbe, von Chaudoir sehr exact besprochene Form nach einem von Dr. Stau-

dinger erhaltenen Weibchen als *Carabus semistriatus*, unter welchem von Heyden (in litt.) gegebenen Namen diese Art auch Heyden (l. c. p. 277.) als bei Namangan vorkommend verzeichnet. Das von Kraatz beschriebene Weibchen misst 17 mm., das unserem Museum gleichfalls von Dr. Staudinger mitgetheilte Weibchen ist aber 18 mm. lang und stimmt zu den Beschreibungen von Chaudoir und Kraatz, insbesondere auch darin, dass die Limes gleichartig sind. Bei den übrigen mir vorliegenden Exemplaren treten in den Costallimes oder dem vierten, achten und zwölften Zwischenraum einzelne gereihte, grössere Höckerchen auf, hinter welchen die Umgebung etwas vertieft ist, und zwar treten solche Höckerchen entweder gleichzeitig auf allen drei Costallimes auf, oder nur auf den beiden äusseren oder endlich nur auf dem äussersten allein. Während ein von A. Regel bei Taschkent gesammeltes Männchen und das erwähnte von Ak-Dshar im Uebrigen mit den erwähnten Beschreibungen übereinstimmen, zeichnen sich die beiden von A. Regel im Saylyk-Gebirge bei Taschkent gesammelten Männchen und Weibchen durch dicht und grob punktirtes Halsschild aus und ist auch der Kopf dichter und gröber punktirt als bei der vorher genannten Form. Um auf solche Exemplare aufmerksam zu machen, bezeichne ich sie als *Carabus Mniszechi* var. *cribrithorax*. Hinsichtlich der Stärke der Punkte in den Flügeldeckenstreifen weicht diese Form gleichfalls etwas ab, indem die Punkte auch vorn nur an den inneren Streifen deutlich sind, während umgekehrt die vertieften Streifen, wenn auch sehr fein und schwach ausgeprägt, nicht nur aussen deutlich vorhanden sind, sondern auch hinten bis an die Spitze der Flügeldecken verfolgt werden können.

Heyden (Wien. Ent. Z. V. 1886. p. 89.) nennt den von Kraatz beschriebenen *C. semistriatus*, weil Fischer (Entomogr. Ross. II. 1823. p. 253. 3. tab. 35. fig. 2.) als *Carabus semistriatus* ein abnormes, angeblich im Caucasus gesammeltes Exemplar des *C. cancellatus* var. *tuberculatus* beschrieben, bei welchem die Höcker der zweiten Catena in der Mitte leistenartig verschmolzen sind, *Carabus namaganensis*. Heyden schreibt nämlich, wie Bertkau (Entomol. Jahresb. 1884. p. 18.) bei andrer Gelegenheit Solches nennt, «mit constanter Bosheit» Namagan statt Namangan, aber der von Heyden gegebene Name braucht nicht corrigirt zu werden, da er in doppelter Hinsicht überflüssig ist. Weil Fischer ein abnormes Exemplar einer von ihm für den genuinen *C. cancellatus* gehaltenen Rasse desselben als eine besondere Art unter dem Namen *C. semistriatus* beschrieben, halte ich es nicht einmal für angebracht, den Fischer'schen Namen auf die als var. *tuberculatus* bekannte Rasse, welche Dejean (Spec. II. 1826. p. 101.) mit dem Citat «Dahl. Coleoptera und Lepidoptera p. 3 et 4.» (Wien 1823.) erwähnt, zu übertragen. Fischer's (Entomogr. Ross. III. 1825—1828. p. 187. 45. tab. 7. fig. 2.) *Carabus confluens*, von der Wolga im südlichen Russland, welcher ganz allgemein gleichfalls zu *C. cancellatus* gezogen wird, ist dagegen, meiner Ansicht nach, ein *C. granulatus* mit rothen Schenkeln. Während Fischer nämlich bei *C. semistriatus* auch das erste Fühlerglied als roth angibt, erwähnt er dieses bei *C. confluens* nicht, wahrscheinlich weil es, wie die übrigen Fühlerglieder, schwarz war; aber auch Fischer's Angaben über die Sculptur der Flügeldecken können nur auf *C. granulatus* bezogen werden,

zu welchem auch die von Fischer gegebene Abbildung jedenfalls besser passt als zu *C. cancellatus*. Unter den südrussischen Exemplaren des *C. granulatus* von Charkow u. s. w. sind Exemplare mit rothen Schenkeln überdies keine Seltenheit.

Aus den Angaben, welche ich vorstehend über die Variationsfähigkeit dieser wenigen centralasiatischen *Caraben* habe machen können, dürfte der Schluss wohl gerechtfertigt sein, dass auch andere centralasiatische *Carabus*-Arten, welche zur Zeit nur in einzelnen Exemplaren bekannt sind, sich als sehr variabel erweisen werden hinsichtlich der Grösse, Form, Sculptur und Färbung, und ist daher beim Bestimmen einzelner, insbesondere solcher, in anderen Localitäten gesammelter Exemplare ein kritisches Erwägen der etwaigen Variationsfähigkeit eine nicht genug anzuempfehlende Nothwendigkeit. Die Zahl der später einzuziehenden Arten dürfte sonst eine garzu grosse werden. Ich habe mich bemüht, das mir zugängliche Material so ausführlich, wie es mir nothwendig schien, darzulegen, und lasse ich mich nicht durch die Ansicht Derjenigen beeinflussen, die da meinen, dass zur Erkenntniss Alles geschehen, wenn in einer dürftigen Diagnose ein paar Merkmale hervorgehoben werden, nach welchen eine neue Art, ihrer Meinung nach, zur Genüge erkannt werden kann. Tadelt doch Kraatz (Deutsch. Entom. Z. 1879. p. 398.) Ballion wegen der recht langen Beschreibungen «fast à la Mulsant», nur weil das — rasche — Bestimmen dadurch erschwert wird. Welches Resultat bei raschem Bestimmen nach kurzen Beschreibungen erlangt wird, dafür können Heyden's Bestimmungen als Muster dienen; bei dem Versuch der Bestimmung eines grossen *Cratocephalus*, stellt Heyden (Deutsch. Ent. Z. 1886. p. 276.) dieses Exemplar zu *C. cicatricosus* nur aus dem Grunde, weil «es weder auf die Beschreibungen von *Solskyi*, noch auf *corrugis* oder *Balassogloi* passt»! Und über den von Kraatz bekannt gemachten *Goniognathus* ist thatsächlich Niemand eher zur Klarheit gelangt, bis die phototypische Abbildung diese *Caraben*-Form kenntlich gemacht. Meiner Ansicht nach, sind aber vorläufig noch alle Beschreibungen ungenügend; genügend werden sie erst dann sein, wenn sie derartig exact sein werden, dass eine Gruppirung der einzelnen Arten auch nach den Beschreibungen allein ausführbar sein wird. Die Gruppen der *Caraben* braucht Niemand anzuerkennen, wenn er fürchtet, dass die «natürliche» Gattung *Carabus* durch solche Gruppen oder Untergattungen, welche Einzelne garzu gern als Gattungen ansehen möchten, in Auflösung gerathen könnte. Wer aber neue *Carabus*-Arten beschreibt, muss gegenwärtig bei jeder Art diejenigen Merkmale ausführlich angeben, welche der Gruppirung der Arten in dieser Gattung zu Grunde gelegt worden sind, widrigenfalls lieferte er doch nur Beschreibungen von species incertae sedis und die Gewissheit, dass ihm die bahnbrechende Arbeit von Thomson unbekannt oder unverständlich geblieben ist.

Von *Caraben* hat unser Museum, wie gesagt, leider kein weiteres Material, aus dessen ausführlicher Besprechung ein fernerer, auf etwaige Variationsfähigkeit der centralasiatischen *Caraben* bezüglicher Schluss gemacht werden könnte. Dagegen sind sowohl von Przewalski, als auch von Dr. A. Regel leider wieder nur einzelne, der Untergattung *Callisthenes* angehörige *Calosomen* gesammelt worden, von welchen ich Anfangs annehmen zu

müssen glaubte, dass sie eben so vielen Arten angehören, während ich jetzt, wo in jedem Jahr einzelne fernere Exemplare unserem Museum zugekommen sind, zu dem Resultat gelangt bin, dass alle, ausser der einen von Regel in Ostbuchara entdeckten Art, als Varietäten zu anderen bereits bekannten Arten gehören, so unwahrscheinlich Solches von vornherein auch schien wegen der auffallenden Unterschiede in Grösse, Form, Sculptur, Färbung und — Breite der männlichen Vorderfüsse. Von den centralasiatischen sog. *Callisthenes*-Arten sind in den Beschreibungen eigentlich nur die allerunwesentlichsten Merkmale angegeben, und Solsky's in Fedtschenko's Reise (Coleopt. I. 1874. p. 21—25.) veröffentlichte Arbeit über *Callisthenes* ist, meiner Ansicht nach, das Schlechteste, was je über diese Gruppe geschrieben worden ist, und hat Solsky, obgleich er hinsichtlich der Citate mehr als ausführlich ist, von der betreffenden Litteratur, mit Ausnahme von Ballion's und Motschulsky's fragmentarischen Mittheilungen, absolut nicht eine einzige Arbeit oder Beschreibung auch nur eines Blickes gewürdigt. Ja, nicht einmal die speciell citirte und critisirte Monographie von Ménétriés hat Solsky verglichen. Denn Solsky (l. c. p. 22.) schreibt Ménétriés das zu, was er bei Motschulsky (Etud. entom. VIII. 1859. p. 127.) für die Aufrechterhaltung von *Callisthenes* als Gattung gefunden, nur gedenkt er ausserdem der zweilappigen inneren Lade der Mandibeln, welche Schaum (Ins. Deutschl. I. 1. 1856. p. 110. Anmerkung.) als bei *Calosomen* gleichfalls vorkommend bereits nachgewiesen hatte, wie denn überhaupt Schaum's Angaben, ohne Hinweis auf dieselben, von Solsky als eigene Untersuchungen in russischer Sprache wiedergegeben sind, und ist sogar das Ménétriés'sche Citat unzweifelhaft von Schaum abgeschrieben, da Solsky sonst Ménétriés' Arbeit eben so consequent, wie falsch, als in den Mémoires de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg erschienen angibt. Dass Solsky Fischer's Arbeiten gleichfalls nicht angesehen, dafür spricht der Umstand, dass Solsky die von Fischer (Bull. Mosc. 1846. II. tab. 14. fig. 1. 2.) veröffentlichte Abbildung des *Callisthenes Fischeri* gar nicht citirt und die eben daselbst von Fischer gegebene Abbildung und erste Beschreibung des *Callisthenes Karelini* aber Motschulsky zuschreibt, während er überdies auch noch Fischer's (Bull. Mosc. 1830. p. 186.) Hinweis auf einen angeblich neuen *Callisthenes* «beaucoup plus petit que *C. Panderi*» als erste Beschreibung des *Callisthenes Karelini* citirt, nur weil dieser *Callisthenes* von Fischer als *C. Karelini* aufgeführt worden ist, während das Citat allenfalls bei *C. Panderi* verzeichnet werden kann. Denn der später von Fischer (Bull. Mosc. 1846.) beschriebene *C. Karelini*, welcher «magnitudine *Call. Panderi* paulo superat», ist ohne Zweifel nicht derselbe, da ihn sonst Fischer (Rev. zool. 1842. p. 270—271.) in seiner Notiz «sur le genre *Callisthenes*» nicht unerwähnt gelassen hätte und namentlich würde Fischer (Bull. Mosc. 1846. II. p. 484.) in Bezug auf die Ménétriés'sche Monographie auch nicht gesagt haben, «mihi tandem sextam speciem addere, cura Cl. Karelini prospere successit», wenn diese neue, von Karelin bei Lepsa aufgefundene Art schon im Jahre 1830 bekannt gewesen wäre. Eben so wenig hat Solsky die übrigen Schriften sich auch nur angesehen, sondern alle Citate dem Münchener Catalog entlehnt. Daher beschreibt denn auch Solsky als den mir unbekannten

Callisthenes Karelini, welcher nach Fischer (Bull. Mosc. 1846. II. p. 487. 6. tab. 14. fig. 3—6.) einfarbig schwarz ist, ohne Zweifel eine ganz verschiedene Form; als *Callisthenes elegans* gleichfalls eine andere als die von Kirsch beschriebene Art; als *Callisthenes Reichei* eine Form, welche von der von Guérin beschriebenen absolut verschieden ist; endlich citirt Solsky (l. c. p. 18.) das von Gebler (Ledebur's Reise. II. 1830. 3. Abtheil. p. 57. 3.) beschriebene, ausdrücklich als flügellos bezeichnete und von Gebler selbst als *Callisthenes* in Anspruch genommene *Calosoma marginatum* vom Nor-Saissan sogar unter den Synonymen von *Calosoma sycophanta!* Solsky (l. c. p. 23.) nimmt ferner Ballion's *Callisthenes Manderstjernae* als «fast schwarze Abänderung» von *C. elegans* = *Ssemenowi* in Anspruch und auch Ménétriés gedenkt in der Beschreibung des *Callisthenes Fischeri* eines schwarzen, in der Mannerheim'schen Sammlung befindlichen, männlichen Exemplars; Solsky selbst (l. c. p. 24. 9.) endlich bezeichnet das Weibchen seines angeblich von *C. elegans* = *Ssemenowi* verschiedenen, aber von dieser variablen Art absolut durch Nichts unterschiedenen *Callisthenes Ballionis* als schwärzlich, trotzdem theilt er aber die von ihm aufgeführten centralasiatischen *Callisthenes*-Arten ein in schwarze, blaue, bronzegrüne und einfarbig bronzene oder doch nur mit schwach grünlichem Rande! Und was Solsky über die Unterschiede der einzelnen Arten überhaupt angibt, zeugt nur von gränzenloser Oberflächlichkeit. Ich will aber hier zunächst nicht weiter darauf eingehen, da ich hier nur ein paar weitere Beispiele für die kolossale Variationsfähigkeit der centralasiatischen *Carabinen* anführen will, und gebe ich nur aus diesem Grunde auch schon jetzt die ausführliche Beschreibung des neuen, von Regel entdeckten

Calosoma (Callisthenes) Regelianum: Elongato-ellipticum, nigrum, nitidum, capite sat valido, clypeo medio convexiusculo, apice arcuatim emarginato labioque late fere angulatim exciso; pronoto transverso lateribus postice magis elevatis dense punctato-rugosis, postice utrinque late impresso; coleopteris elongatis convexis, basi apiceque punctulato-striatis, ad humeros distinctius imbricatis, lateribus apiceque tenuiter confertim granulatis. ♂♀ 23 mm.

♂. Tarsis anticis articulis tribus primis latissimis, secundo tertioque quadrangularibus longitudine duplo latioribus.

var. *ovale*: Majus et robustius, late ellipticum, magis convexum, coleopteris breviter ovalibus. ♂ 24 mm.

var. *oxygonum*: Majus, elongato-ovale, nigrum, subopacum, externe olivaceo resplendens, pronoti angulis posticis longioribus acutiusculis, coleopteris antrorsum angustatis, postice obtuse rotundatis. ♀ 25 mm.

Auf den ersten Blick an die *Caraben* aus der Gruppe des *C. Calleyi* erinnernd, ziemlich lang gestreckt, schwarz, glänzend. Der Kopf von mässiger Dicke, die Augen ziemlich gewölbt, der Hals fein, nach den Seiten zu gröber gerunzelt, die Stirn nach vorn ziemlich stark verschmälert, dicht punktirt, dazwischen fein gerunzelt, nach den Seiten zu gröber und unregelmässig längsrunzelig; zwischen den breiten, seichten, indessen deutlichen Längseindrücken flach gewölbt, welche Wölbung auf den Clypeus übergeht, wodurch die nach vorn

etwas convergirenden Seiteneindrücke dieses scharf markirt erscheinen. Der Clypeus ist nach vorn deutlich verschmälert, am Vorderrande tief bogig ausgerandet, der Seitenwulst wird nach vorn etwas dicker und geht auf den Vorderrand über, welcher Vorderrandwulst, zur Mitte niedriger werdend, längs dem ganzen Vorderrande, wenn auch in der Mitte nur sehr undeutlich, wahrgenommen werden kann, wo das Kopfschild ein wenig niedergedrückt ist. Die Oberlippe ist sehr kurz, etwas breiter als das Kopfschild, am Vorderrande breit und tief, fast winkelig ausgerandet. Das Kinn ist bis zur Mitte ausgeschnitten, der Kinnzahn breit und kurz, längs gestrichelt, die Seitenlappen fast dreimal so lang, vorn stumpf gerundet, an der Spitze innen deutlich gefurcht, und geht diese Randfurche an der Basis des Kinnzahns in die anderseitige über.

Das Halsschild ist wenig mehr als $1^1/_2$ mal so breit wie lang, vorn in flachem Bogen ausgerandet, an den Seiten bogig gerundet, mit grösster Breite vor der Mitte, die Hinterzipfel doppelt so breit als lang, jeder von etwa einem Sechstel der Halsschildbreite, zur verrundeten Spitze stark verjüngt und unter einem deutlichen Bogen in den geraden Hinterrand übergehend. Die Oberfläche ist nur mässig gewölbt, auf der hinteren Hälfte jederseits breit und tief eingedrückt, die Seiten ziemlich stark aufgebogen, nach hinten zu breiter, und läuft die Seitenrinne in die Mitte des Innenrandes der Hinterzipfel aus. Der Vorderrandwulst ist deutlich, desgleichen ist der Hinterrand an der Ausbucht und an der inneren Seite der Hinterzipfel fein, aber deutlich gewulstet; die feine Mittelfurche ist kurz vor dem Vorder- und Hinterrande abgekürzt. Die Scheibe des Halsschildes ist glatt, die Seiten dagegen ziemlich grob und sehr dicht gerunzelt punktirt; in den breiten Gruben jederseits vor dem Hinterrande ist der Grund tiefer, fast strichartig eingedrückt.

Die Flügeldecken sind ziemlich lang gestreckt, $1^1/_2$ mal länger als breit, mit abgerundeten Schultern, nach vorn etwas verschmälert, beim Männchen an den Seiten kaum, beim Weibchen von den Schultern ab bis zur Spitze deutlich gerundet, mässig gewölbt, an der Basis und vor der Spitze mit feinen, schwach vertieften Punktstreifen, die Zwischenräume an der Basis, namentlich gegen die Schultern hin, deutlich imbricat und längs dem ganzen Seitenrande, zu beiden Seiten der deutlicher hervortretenden Umbilicalkörnchen sehr fein und sehr dicht granulirt, welche Granulation nach hinten zu an Breite zunimmt und die ganze Spitze der Flügeldecken einnimmt. Dadurch erscheinen die auf dem Rücken glänzenden Flügeldecken von einem breiten, matten Saum umgeben. Die inneren Streifen sind an der Spitze etwas stärker vertieft und ihre Zwischenräume etwas gewölbt.

Auf der Unterseite ist die Sculptur undeutlich und verwischt, die Episternen der Vorderbrust längs dem Hinterrande, desgleichen die Episternen der Mittel- und Hinterbrust und die vorderen Hinterleibssegmente fein und etwas runzelig punktirt. Der Intercoxalfortsatz des Prosternum ist in der Mitte am breitesten, gegen die ausgerandete Spitze verschmälert, längs den Seiten gewulstet und in der Mitte gewölbt, welche Wölbung am letzten Drittel plötzlich abgeflacht erscheint.

An den Vorderfüssen des Männchens sind die drei ersten Glieder sehr stark erweitert

und an der Unterseite mit breiter Bürste versehen; das erste Glied ist von der stielförmigen Basis ab breit dreieckig, das zweite und dritte fast quer viereckig, doppelt so breit als lang, das vierte breit dreieckig, mit vorgezogenen Endzipfeln.

Das als var. *ovale* bezeichnete Männchen unterscheidet sich durch grössere Breite und stärkere Wölbung, und die an den Seiten ähnlich wie beim Weibchen, nur noch etwas stärker gerundeten Flügeldecken. Es erscheint dadurch ungleich robuster als das vorstehend beschriebene Männchen. Auf dem Clypeus fliesst die mittlere Wölbung mit dem Vorderrand zusammen. Die Scheibe des Halsschildes ist ziemlich dicht, aber sehr fein gerunzelt und die strichartigen Längseindrücke in den hinteren Gruben sind sehr undeutlich und verkürzt. Auf den Flügeldecken sind die Punktstreifen auch auf der Scheibe deutlich wahrnehmbar, die inneren am deutlichsten. Die Punktirung der Unterseite ist im Ganzen deutlicher, die Episternen der Vorderbrust fast bis zum Vorderrande hin mit feinen und zerstreuten Punkten versehen. Die mittlere Wölbung des Intercoxalfortsatzes des Prosternum verschwindet hinten, rundlich begränzt, erst kurz vor dem Hinterrande.

Das als var. *oxygonum* bezeichnete Weibchen zeichnet sich durch die im Ganzen etwas matte, an den Seiten des Halsschildes und der Flügeldecken ziemlich breit metallisch olivengrün schimmernde Oberseite aus und ist auch in der Gestalt sehr abweichend durch das nach hinten stärker verengte, vor den Hinterecken etwas geschweifte Halsschild, wodurch die ohnehin deutlich längeren Hinterzipfel zugespitzt erscheinen. Die Flügeldecken sind eiförmig, etwa $1^1/_3$ mal länger als breit, hinter der Mitte am breitesten, zur Spitze hin stumpf zugerundet, nach vorn zu den Schultern stark verschmälert. Die Sculptur ist im Allgemeinen gröber, die Stirn dicht und gröber runzelig punktirt, der Clypeus vor dem in der Mitte undeutlich gewulsteten Vorderrande mit einem kleinen Grübchen. Die Scheibe des Halsschildes ist sehr dicht gerunzelt, etwas matt; die Mittellinie ist bis nach vorn verlängert, hinten dagegen geht von ihr eine deutliche Kiellinie zum fein gewulsteten Hinterrande. Die Seiten der Brust und des Hinterleibs sind ziemlich grob punktirt, desgleichen sind die Episternen der Vorderbrust mit deutlich vertieften, grünmetallisch schimmernden Punkten ziemlich dicht besetzt. Der Intercoxalfortsatz des Prosternum ist auffallend anders gebildet, nach hinten nämlich sehr wenig verschmälert und der ganzen Länge nach bis zur stumpf abgerundeten Spitze gewölbt und laufen die die Seitenwülste absetzenden Seitenfurchen an derselben unbestimmt aus.

Dr. A. Regel fand diese auffallende und auffallend variirende Art in Ostbuchara in der Provinz Baldshuan, doch scheint sie weiter verbreitet zu sein, da mir auch Herr A. Rybakow ein Exemplar, leider ohne nähere Angabe des Fundorts, mitgetheilt, mit der Bemerkung, dass diese Art in den St. Petersburger Privatsammlungen unter dem Namen *Callisthenes Reichei* mehrfach vorhanden sei. Diese Bestimmung ist wahrscheinlich nach Solsky's Arbeit gemacht worden. Aber auch die von Solsky als *Callisthenes Reichei* angesehene Form kann diese Art nicht sein, da Solsky die Seiten der Flügeldecken imbricat sculpirt angibt, und wäre es nicht unmöglich, dass die von Solsky vom Issyk-Kul und von Akmolinsk

erwähnte Form von 22 mm. Länge eine einfarbig schwarze Varietät von *C. Kuschakewitschi* sein könnte, wie mir eine solche, von A. Regel mit der Bezeichnung «Gebirgsgegend von Taschkent» vor Jahren eingesandte Form vorliegt von 20—22 mm. Länge. Diese Exemplare sind durchaus einfarbig pechschwarz oder bräunlich schwarz, sind auch gestreckter als die gewöhnliche Form des überaus variablen *C. Kuschakewitschi* und sind bei dem Männchen auch die erweiterten Glieder der Vorderfüsse deutlich schmäler, das vierte Glied dagegen etwas weniger gestreckt. Da aber bei einem kleinen schwärzlich blauen Männchen des *C. Kuschakewitschi* aus Taschkent von nur 20 mm. Länge die erweiterten Glieder der Vorderfüsse gleichfalls deutlich schmäler sind als bei der gewöhnlichen Form des *C. Kuschakewitschi*, so zweifle ich nicht daran, dass auch die kleinen einfarbigen Exemplare nur als eine düstere Gebirgsform des *C. Kuschakewitschi* in Anspruch genommen werden müssen, welche nicht unpassend als var. *decolor* bezeichnet werden kann. *Callisthenes Kuschakewitschi*, dessen grösste weibliche Exemplare im Habitus dem *C. elegans* (*Ssemenowi*) ausserordentlich ähnlich sind, ist in allen seinen Varietäten von genannter Art am leichtesten daran zu unterscheiden, dass die flache Wölbung der Stirn auf das Kopfschild übergeht, wodurch die Seiteneindrücke desselben scharf markirt erscheinen, während bei *C. elegans* das Kopfschild ganz flach ist und die Seiteneindrücke desselben eigentlich nur durch den dicken Wulst des Seitenrandes angedeutet erscheinen, während sie nach innen unbestimmt mit der Fläche des Kopfschildes zusammenfliessen. Bei beiden genannten Arten sind die Seiten des Halsschildes bald stark aufgebogen, bald aber auch so wenig, dass man sie, namentlich bei einzelnen kleineren Exemplaren des *C. Kuschakewitschi*, kaum noch als aufgebogen bezeichnen kann. Die von Solsky fälschlicherweise als *C. elegans* erwähnte Form, ist möglicherweise das von Gebler beschriebene *Calosoma marginatum*, doch erwähnt Gebler nicht, dass die Flügeldecken gestreift sind, wie sie bei allen mir vorliegenden Exemplaren, zum Theil allerdings sehr undeutlich, erscheinen; Motschulsky (Etud. entom. VIII. 1859. p. 127. 8.) zählt indessen *Callisthenes marginatus* zu den Arten mit «élytres striées», und ist es nur zu bedauern, dass Chaudoir (Bull. Mosc. 1852. I. p. 100.) über die Gebler'sche Art nichts weiter angegeben, als dass sie zu *Callisthenes* gehöre, was ohnehin für Jeden, der die Beschreibung einsehen konnte, klar sein musste. Diese Art variirt so sehr, indem die Exemplare bald blauschwarz sind oder schwarz mit blauen Rändern, bald aber auch schwarz mit metallisch grünen Rändern, bald endlich bronzefarben mit grünlichem Rande der Flügeldecken oder endlich einfarbig kupfrig bronzefarben, dass die Zusammengehörigkeit aller zu ein und derselben Art auf den ersten Blick sehr unwahrscheinlich scheint, zumal die Männchen von zwei Formen durch die auffallend schmalen, kaum als erweitert zu bezeichnenden Vorderfüsse sehr verschieden zu sein scheinen. Der in den aetate decliven sogenannten Beschreibungen von C. A. Dohrn (Stett. Entom. Z. 1884. p. 405. 290.) erwähnte *Callisthenes declivis* ist nach Dohrn (l. c. 1885. p. 24. 4.) dieselbe Art, welche seit Solsky's falscher Annahme in den hiesigen Privatsammlungen, als *Callisthenes elegans* bestimmt ist, und muss man letztere Behauptung auf Treue und Glauben annehmen, da in Dohrn's erster Angabe

nichts enthalten ist, was dagegen spricht, aber auch absolut nichts, was dafür sprechen könnte. Die von Solsky als *Callisthenes Reichei* angesehene Form kann übrigens auch eine einfarbig schwarze Varietät der letzt genannten Art sein, wie ich eine solche zwar nicht kenne, doch liegt mir aus Solsky's Sammlung ein am Issyk-Kul gesammeltes siegellackschwarzes Männchen mit undeutlich grünmetallischem Rande der Flügeldecken vor, welches Solsky von Herrn von Manderstjerna erhalten und selbst etiquettirt hat als *Callisthenes Manderstjernae!*

Diese angeführten Beispiele aus der *Callisthenes*-Gruppe weisen jedenfalls gleichfalls darauf hin, dass bei den centralasiatischen *Carabinen*, wegen ihrer wahrscheinlich allgemeinen Variabilität, bei Aufstellung von neuen Arten ganz besondere Vorsicht und kritische Erwägung obwalten müssen, zumal da so manche Charactere, welche bei anderen *Carabinen* als wesentliche Artkennzeichen angesehen werden, sich bei den centralasiatischen Arten keineswegs als solche erweisen. Von grösster Wichtigkeit wären selbstverständlich genaue, naturgetreue Abbildungen, wie sie jetzt auf phototypischem Wege erlangt werden können, und hoffe ich, meiner nächsten Arbeit über centralasiatische *Carabinen* wenigstens eine solche Tafel beilegen zu können. Vielleicht wird unser Museumsmaterial unterdessen um einzelne der mir zur Zeit unbekannten Arten reicher, so dass ein solcher Aufschub der anfänglich beabsichtigten Tafel möglicherweise sogar von Vortheil sein dürfte, indem ich dann vielleicht in der Lage sein werde, nicht nur die hier beschriebenen, sondern einen grossen Theil der anderweitig bekannt gemachten Arten bildlich darstellen zu können. Beiträge zur Vervollständigung unseres Museumsmaterials sind mir wenigstens von verschiedenen Seiten in Aussicht gestellt, und hoffe ich so, schon sehr bald zur Kenntniss der adephagen Coleopteren einen ferneren Beitrag geben zu können.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 10.

DIE ETWAS NÄHEREN BESTIMMUNGEN DER WALUEWIT-KRYSTALLE VON DER GRUBE NIKOLAJE-MAXIMILIANOWSK.

VON

N. v. Kokscharow.

172720
AUG 29 1887
SMITHSONIAN DEPOS

(*Lu le 7 octobre 1886.*)

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment. (G. Haessel).

Prix: 20 Kop. = 70 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 10.

DIE ETWAS NÄHEREN BESTIMMUNGEN DER WALUEWIT-KRYSTALLE VON DER GRUBE NIKOLAJE-MAXIMILIANOWSK.

VON

N. v. Kokscharow.

(*Lu le 7 octobre 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment. (G. Haessel).

Prix: 20 Kop. = 70 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Novembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.

Meine früheren Beobachtungen über Waluewit-Krystalle aus der Mineral-Grube Nikolaje-Maximilianowsk (unweit von Achmatowsk im südlichen Ural) konnte ich in letzter Zeit bedeutend vermehren und vervollständigen, durch die Güte der Herren M. v. Norpe und A. v. Lösch, welche mir zu meiner Arbeit eine ziemlich grosse Menge messbarer Krystalle geliefert haben. Diese Krystalle waren unvergleichbar besser als die, welche ich für meine ersten Bestimmungen verwandt hatte. Obgleich auch diese Krystalle wiederum nicht genügend waren um ganz genaue Werthe zu liefern, so konnte ich doch vermittelst derselben einige ziemlich sichere Messungen ausführen. — Die Differenzen zwischen den einzelnen Beobachtungen waren jetzt bisweilen ungefähr 10 oder 15 Minuten, während bei meinen alten Messungen diese Differenzen sich bis zu 1 Grad, 2 Grad und sogar mehr steigerten. Aus diesem Grunde war ich damals genöthigt, um das Axenverhältniss der Grundform des Minerals zu bestimmen, die mittleren Zahlen aus zahlreichen, aber sehr unbefriedigenden Messungen in Rücksicht zu nehmen, nämlich [1]):

$$\left.\begin{array}{l} \partial : P \\ +\frac{6\breve{P}3}{2} : oP \end{array}\right\} = 109^\circ\ 28'\ 0'' \qquad \left.\begin{array}{l} \partial : \partial \\ \text{Brachyd.} \\ \text{Polkante.} \end{array}\right\} = 70^\circ\ 26'\ 20''$$

Mittel aus zahlreichen unbefriedigenden Messungen.

Aus diesen Zahlen wurden die ebenen Winkel der Basis berechnet: 120° 6′ 16″ und 59° 53′ 44″. Da die erhaltenen ebenen Winkel sich von 120° 0′ 0″ und 60° 0′ 0″ nur um 0° 6′ 16″ unterschieden, so habe ich damals für die Berechnung des Axenverhältnisses der

1) Vergl. «Memoires de l'Academie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg», VII série, 1877, tome XXV, № 4. Auch meine «Materialien zur Mineralogie Russlands», Bd. VII, S. 346 und 373.

Grundform $o = \pm P$ folgende Werthe angenommen: $\partial : P = 109° 28' 0''$ und genau $120° 0' 0''$ (nach der Analogie mit Glimmer) und endlich erhalten:

$$a : b : c = 0{,}70729 : 1{,}73205 : 1,$$

wo a = Verticalaxe, b = Makrodiagonale und c = Brachydiagonale.

Bis zum heutigen Tage hielt ich diese Resultate für sehr unbefriedigend, aber meine neuesten Messungen haben mir gezeigt, dass dieselben nicht so schlecht waren, wie ich es glaubte; in der That:

Durch meine neuesten viel befriedigernden Messungen wurde erhalten:

$\partial : P$ $+\frac{6\breve{P}3}{2} : oP$	$= 109° 35' 30''$	Mittel aus mehreren, obgleich nicht ganz genauen, doch ziemlich guten Messungen,
$\partial : \partial$ Brachyd. Polkante.	$= 70° 40' 0''$	

was für die ebenen Winkel, durch Rechnung:

$$119° 58' 44'' \text{ und } 60° 1' 16''$$

giebt, also noch näher zu $120° 0' 0''$ und $60° 0' 0''$.

Für die Berechnung des Axenverhältnisses der Grundform wurde jetzt angenommen:

$$\partial : P = \mathbf{109° 35' 30''}$$

und die ebenen Winkel:

$$\mathbf{120° 0' 0''} \text{ und } \mathbf{60° 0' 0''},$$

was gegeben hat:

$$a : b : c = \mathbf{0{,}702406} ; \mathbf{1{,}732050} : \mathbf{1},$$

wo a = Verticalaxe, b = Makrodiagonale, c = Brachydiagonale.

In meiner alten Abhandlung, habe ich schon die Aufmerksamkeit der Mineralogen auf eine merkwürdige Thatsache gelenkt, nämlich, dass die Waluewit-Krystalle in einem gewissen Zusammenhange zu den Glimmer-Krystallen stehen, denn ich habe schon damals gefunden, dass die Verticalaxe der Grundform des Waluewits fast genau 4 Mal kleiner ist als dieselbe Axe beim Glimmer[1]). Diese Thatsache wurde später durch G. Tschermak's Untersuchungen vollkommen bestätigt[2]). Ebenso hat G. Tschermak auch dieselbe Lage für

1) Vergl. meine «Materialien zur Mineralogie Russlands», Bd. VII, S. 349.

2) Vergl. «Die Clintonitgruppe» von G. Tschermak und L. Sipöcz (Sitzungsberichte der mathem. Naturwissenschaftl. Classe d. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1879, Bd. LXXVIII, 1. Abtheilung, Jahrgang 1878, S. 555).

die Ebene der optischen Axen gefunden wie ich in meiner Abhandlung gezeigt habe, d. h. dass diese Ebene parallel der Symmetrieebene geht. Was aber die Winkel der optischen Axen anbelangt, so hat G. Tschermak gefunden, dass dieselben in den verschiedenen Blättchen variiren und zwar, nach seiner Bestimmung, von 17° bis 32°. Nach demselben Gelehrten ist die Doppeltbrechung des Waluewits negativ und die Dispersion $\rho < \upsilon$.

Krystallformen des Waluewits.

Die Reihe der Krystallformen des Waluewits ist bis jetzt schon ziemlich zahlreich, obgleich einige von diesen Formen noch nicht mit ganzer Sicherheit bestimmt worden sind. Wir haben nämlich:

Basisches Pinakoid.

P . . . . (a : ∞b : ∞c) . . . . oP

Brachydomen.

y . . . . (a : b : ∞c) . . . . $\breve{\mathrm{P}}\infty$
h . . . . ($\frac{3}{2}$a : b : ∞c) . . . . $\frac{3}{2}\breve{\mathrm{P}}\infty$
v . . . . ($\frac{16}{9}$a : b : ∞c) . . . . $\frac{16}{9}\breve{\mathrm{P}}\infty$
r . . . . (2a : b : ∞c) . . . . $2\breve{\mathrm{P}}\infty$
t . . . . ($\frac{8}{3}$a : b : ∞c) . . . . $\frac{8}{3}\breve{\mathrm{P}}\infty$

Makrodomen (als Hemidomen erschienen).

z . . . . — (3a : ∞b : c) . . . . $-\frac{3\bar{\mathrm{P}}\infty}{2}$
x . . . . — (4a : ∞b : c) . . . . $-\frac{4\bar{\mathrm{P}}\infty}{2}$

Prismen.

N als Zwillingsebene. . . (∞a : b : c) . . . . ∞P
L . . . . (∞a : b : 3c) . . . . $\infty\breve{\mathrm{P}}3$

Rhombische Hemipyramiden.

w . . . . — ($\frac{8}{9}$ a : b : c) . . . . $-\frac{\frac{8}{9}\mathrm{P}}{2}$
o′ . . . . + (a : b : c) . . . . $+\frac{\mathrm{P}}{2}$

$$o \ldots\ldots - (a : b : c) \ldots\ldots - \frac{P}{2}$$

$$s' \ldots\ldots + (\tfrac{4}{3}a : b : c) \ldots\ldots + \frac{\frac{4}{3}P}{2}$$

$$s \ldots\ldots - (\tfrac{4}{3}a : b : c) \ldots\ldots - \frac{\frac{4}{3}P}{2}$$

$$n \ldots\ldots + (a : b : 3c) \ldots\ldots + \frac{\breve{P}3}{2}$$

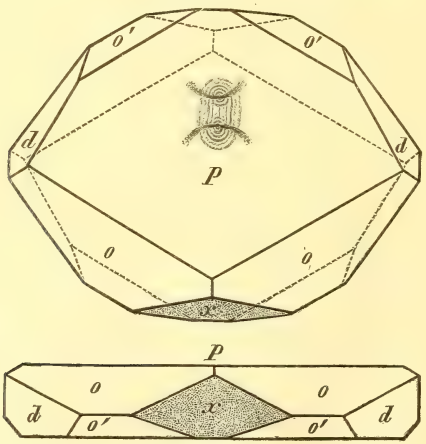
$$\partial \ldots\ldots + (6a : b : 3c) \ldots\ldots + \frac{6\breve{P}3}{2}$$

Die Formen $v = \frac{16}{9}\breve{P}\infty$ und $w = -\frac{\frac{8}{9}P}{2}$ wurden zum ersten Mal von G. Tschermak und alle anderen von mir bestimmt und beschrieben. Es bleibt aber zu wünschen übrig, dass man die Formen $v = \frac{16}{9}\breve{P}\infty$, $t = \frac{8}{3}\breve{P}\infty$, $w = -\frac{\frac{8}{9}P}{2}$ und $s = -\frac{\frac{4}{3}P}{2}$ etwas sicherer bestimmen könnte.

Krystallmessungen des Waluewits.

Früher habe ich drei Waluewit-Krystalle, № 1, № 2 und № 3, gemessen[1]) und in dieser letzten Zeit ist es mir gelungen noch einige Krystalle dieses Minerals zu untersuchen; diese letzteren werde ich hier mit № 4, № 5 u. s. w. bezeichnen. Die Resultate meiner Messungen waren folgende:

Krystall № 4.



1) Vergl. «Materialien zur Mineralogie Russlands», Bd. VII, S. 358.

$\partial : P$ (anliegende).

Erste Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 109° 10′
109 22
109 27
109 18
109 26
109 12
109 22
Mittel = 109° 19′ 35″ (a)

Zweite Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 109° 17′
109 20
109 20
109 23
Mittel = 109° 20′ 0″ (b)

$\partial : P$ (andere ∂)

Dritte Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 109° 38′
109 50
109 25
109 40
Mittel = 109° 38′ 15″ (c)

$\partial : P$ (Complement zu dem vorigen Winkel).

Erste Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 70° 25′
70 20
70 25
Mittel = 70° 23′ 20″ (Compl. = 109° 36′ 40″) (d)

$\partial : o$ (anliegende).

Unbefriedigende Messungen. } = 140° 8′ bis 141° 0′

Krystall № 5.

$\partial : P$ (anliegende).

Erste Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 109° 45′

109 45

109 45

109 45

Mittel = 109° 45′ 0″ (e)

Zweite Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 109° 27′

109 50

109 45

Mittel = 109° 40′ 40″ (f)

Dritte Einstellung: ziemlich befriedigende Messungen. } = 109° 45′

109 51

109 43

Mittel = 109° 46′ 20″ (g)

$d : P$ (Complem. zu dem vorigen Winkel).

Ziemlich befriedigende Messungen. } = 70° 22′

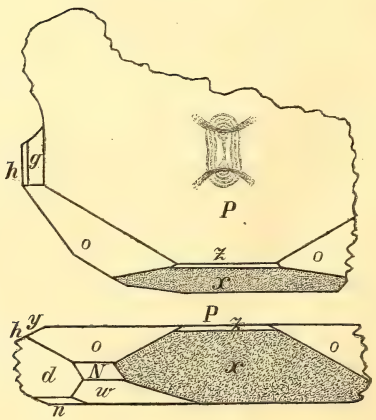
70 20

70 31

70 20

Mittel = 70° 23′ 15″ (Compl. = 109° 36′ 45″) (h)

Krystall № 6.



$n : P$ (anliegende).

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr $154\frac{1}{2}°$

$y : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr $157\frac{1}{2}°$

$h : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr $148\frac{1}{2}°$

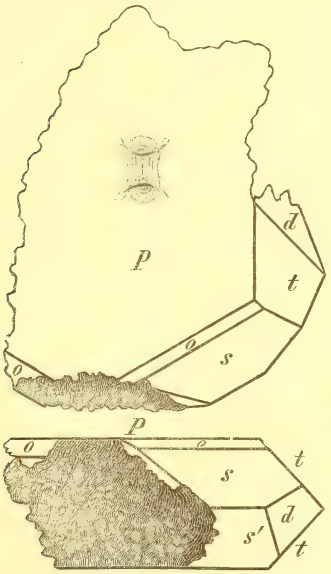
$w : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr $144°$

$d : P$ (d zu dem unteren P).

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr $110°$

Krystall № 7.



$d : d\,(621) : (6\overline{21})$, d. h. obere hintere d zum untern vorderen d, Complement zu Y)

Befriedigende Messungen. } = 109° 20′
109 20
109 18
109 22

Mittel = 109° 20′ 0″ (also Y = 70° 40′ 0″).

$d : t$ (anliegende).

Ziemlich passende Messungen. } = 145° 28′
145 23
145 40
145 25
145 25
145 25
145 44

Mittel = 145° 30′ 0″

$d : t$ (nicht anliegende).

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr 111°

$s : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr 132°

$o : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr 141°

$d : P$

Nicht befriedigend genug, doch passende Messungen. } = 109° 50′
109° 50
109 25
109 47
109 35

Mittel = 109° 41′ 24″

$t : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr 134°

$t : s$

Unbefriedigende Messungen. } = von 137° 0′ bis 137° 40′

Krystall № 8.

$x : P$

Unbefriedigende Messungen. } = ungefähr $109\frac{1}{2}°$

Krystall № 9.

Ziemlich befriedigende Messungen. } = 115° 30′
115 40
115 20
115 20
Mittel = 115° 27′ 30″

Endresultate, welche aus den obenangeführten Messungen erhalten wurden.

Wenn wir nur die ziemlich befriedigenden Messungen in Rücksicht nehmen wollen, so erhalten wir für die wesentlichsten Winkel folgende mittlere Zahlen, welche man als die wahrscheinlichsten ansehen kann:

Für $\partial : P$ (anliegende) haben wir oben erhalten:

Am Krystall № 4, (a) = 109° 19′ 35″
(b) = 109 20 0
(c) = 109 38 15
(d) = 109 36 40
Mittel = 109° 28′ 38″ (α)

Am Krystall № 5, (e) = 109° 45′ 0″
(f) = 109 40 40
(g) = 109 46 20
(h) = 109 36 45
Mittel = 109° 42′ 11″ (β)

Mittel aus beiden Messungen wird:

$$\begin{aligned}(\alpha) &= 109^\circ\ 28'\ 38''\\ (\beta) &= 109\ \ 42\ \ 11\\ \text{Mittel} &= 109^\circ\ 35'\ 25''\end{aligned}$$

Wenn wir aber die erhaltenen Werthe in beiden Krystallen (№ 4 und № 5) zusammen bringen und aus denselben den mittleren Werth berechnen, so erhalten wir:

$$\begin{aligned}(a) &= 109^\circ\ 19'\ 35''\\ (b) &= 109\ \ 20\ \ \ 0\\ (c) &= 109\ \ 38\ \ 15\\ (d) &= 109\ \ 36\ \ 40\\ (e) &= 109\ \ 45\ \ \ 0\\ (f) &= 109\ \ 40\ \ 40\\ (g) &= 109\ \ 46\ \ 20\\ (h) &= 109\ \ 36\ \ 45\\ \text{Mittel} &= 109^\circ\ 35'\ 24''\end{aligned}$$

Wir haben also dasselbe Resultat erhalten wie oben. Aus diesem Grunde der Kanten-Winkel:

$$\partial : P = \mathbf{109^\circ\ 35'\ 30''}\ ^{1})$$

und der Ebene-Winkel der Basis:

$$\mathbf{120^\circ\ 0'\ 0''},$$

wurden von mir für die Berechnung der neuen Axenverhältnisse der Grundform:

$$a : b : c = \mathbf{0{,}702406}\ ;\ \mathbf{1{,}732050} : \mathbf{1}$$

angenommen.

Für $\partial : \partial$ (obere hintere ∂ zur unteren vorderen ∂, Complement zu Y) wurde ziemlich gut nach Messung am Krystall № 7 im Mittel $= 109^\circ\ 20'\ 0''$ erhalten. Nach Rechnung aus den neuen Axenverhältnissen ist dieser Winkel $= 109^\circ\ 21'\ 2''$, also nur eine Minute Differenz.

Für $z : P$, nach Messung am Krystall № 9, wurde ziemlich gut, im Mittel $= 115^\circ\ 27'\ 30''$ erhalten. Nach Rechnung aus den neuen Axenverhältnissen ist dieser Winkel $= 115^\circ\ 23'\ 14''$, also steht er auch ziemlich nahe zu dem gemessenen Winkel. Es scheint daher, dass das Zeichen $3\overline{P}\infty$ für die Form z richtig gewählt ist.

1) Diesen Winkel hat Tschermak, durch Messung, = 109° 15′ erhalten (Vergl. «Sitzungsberichte der k. k. Academie d. Wissenschaften zu Wien», 1879, Bd. LXXVIII, S. 557).

Für $\partial : t$ (anliegende) wurde, am Krystall № 7 durch nicht genug befriedigende, doch passende Messung, im Mittel $= 145° 30' 0''$ erhalten. Nach Rechnung aus den neuen Axenverhältnissen ist dieser Winkel $= 145° 45' 35''$. Es wurde also eine ziemlich grosse Differenz erhalten, nämlich $15\frac{1}{2}$ Minuten. Es scheint mir daher, wie schon oben bemerkt worden ist, dass die Form $t = \breve{\frac{8}{3}}\breve{P}\infty$ eine mehr genauere Bestimmung erfordert.

Alle anderen Messungen waren nicht genug befriedigend, um aus denselben einen etwas genaueren Schluss ziehen zu können; — sie waren nur zur Bestimmung der krystallographischen Zeichen brauchbar.

Die berechneten Winkel des Waluewits.

Bezeichnen wir in jeder rhombischen Pyramide: die makrodiagonalen Polkanten mit X, die brachydiagonalen Polkanten mit Y und die Mittelkanten mit Z. Ferner nennen wir: α den Winkel der makrodiagonalen Polkante gegen die Verticalaxe, β den Winkel der brachydiagonalen Polkante gegen die Verticalaxe, und γ den Winkel der Mittelkante gegen die Makrodiagonalaxe der Grundform.

Bei dieser Bezeichnung berechnen sich für die Waluewit-Krystalle, aus dem neuen Axenverhältnisse $a : b : c = 0{,}702406 : 1{,}732050 : 1$ (wo a = Verticalaxe, b = Makrodiagonale, c = Brachydiagonale), folgende Winkel:

Rhombische Pyramiden (bisweilen als Hemipyramiden erscheinend).

$$o = \pm P$$

$\frac{1}{2}X = 56° 56' 21''$	$X = 113° 52' 42''$
$\frac{1}{2}Y = 71\ 38\ 30$	$Y = 143\ 17\ 0$
$\frac{1}{2}Z = 39\ 2\ 40$	$Z = 78\ 5\ 20$

$$\alpha = 67° 55' 33''$$
$$\beta = 54\ 54\ 56$$
$$\gamma = 30\ 0\ 0$$

$$w = -\frac{\frac{8}{9}P}{2}$$

$\frac{1}{2}X = 59° 34' 17''$	$X = 119° 8' 34''$
$\frac{1}{2}Y = 72\ 59\ 53$	$Y = 145\ 59\ 46$
$\frac{1}{2}Z = 35\ 47\ 23$	$Z = 71\ 34\ 46$

$$\alpha = 70° 10' 37''$$
$$\beta = 58\ 1\ 15$$
$$\gamma = 30\ 0\ 0$$

$$s = +\frac{\frac{4}{3}P}{2}$$

$\frac{1}{2}X = 50° 31' 3''$ $\quad X = 101° 2' 6''$
$\frac{1}{2}Y = 68 27 47$ $\quad Y = 136 55 34$
$\frac{1}{2}Z = 47 14 25$ $\quad Z = 94 28 50$

$\alpha = 61° 35' 58''$
$\beta = 46 52 37$
$\gamma = 30 0 0$

$$n = +\frac{\breve{P}3}{2}$$

$\frac{1}{2}X = 77° 45' 30''$ $\quad X = 155° 31' 0''$
$\frac{1}{2}Y = 68 27 12$ $\quad Y = 136 54 24$
$\frac{1}{2}Z = 25 5 32$ $\quad Z = 50 11 4$

$\alpha = 67° 55' 33''$
$\beta = 76 49 21$
$\gamma = 60 0 0$

$$\partial = +\frac{6\breve{P}3}{2}$$

$\frac{1}{2}X = 61° 53' 50''$ $\quad X = 123° 47' 40''$
$\frac{1}{2}Y = 35 19 29$ $\quad Y = 70 38 58$
$\frac{1}{2}Z = 70 24 30$ $\quad Z = 140 49 0$

$\alpha = 22° 20' 30''$
$\beta = 35 26 41$
$\gamma = 60 0 0$

Brachydomen.

$$y = \breve{P}\infty$$

$\frac{1}{2}X = 90° 0' 0''$ $\quad X = 180° 0' 0''$
$\frac{1}{2}Y = 67 55 33$ $\quad Y = 135 51 6$
$\frac{1}{2}Z = 22 4 27$ $\quad Z = 44 8 54$

$$h = \tfrac{3}{2}\breve{P}\infty$$

$\frac{1}{2}X = 90° 0' 0''$ $\quad X = 180° 0' 0''$
$\frac{1}{2}Y = 58 41 16$ $\quad Y = 117 22 32$
$\frac{1}{2}Z = 31 18 44$ $\quad Z = 62 37 28$

$v = \frac{16}{9}\breve{P}\infty$

$\frac{1}{2}X = 90°\ 0'\ 0''$	$X = 180°\ 0'\ 0''$
$\frac{1}{2}Y = 54\ 12\ 37$	$Y = 108\ 25\ 14$
$\frac{1}{2}Z = 35\ 47\ 23$	$Z = 71\ 34\ 46$

$r = 2\breve{P}\infty$

$\frac{1}{2}X = 90°\ 0'\ 0''$	$X = 180°\ 0'\ 0''$
$\frac{1}{2}Y = 50\ 57\ 20$	$Y = 101\ 54\ 40$
$\frac{1}{2}Z = 39\ 2\ 40$	$Z = 78\ 5\ 20$

$t = \frac{8}{3}\breve{P}\infty$

$\frac{1}{2}X = 90°\ 0'\ 0''$	$X = 180°\ 0'\ 0''$
$\frac{1}{2}Y = 42\ 45\ 35$	$Y = 85\ 31\ 10$
$\frac{1}{2}Z = 47\ 14\ 25$	$Z = 94\ 28\ 50$

Makrodomen (als Hemidomen erscheinend).

$z = \frac{-3\overline{P}\infty}{2}$

$\frac{1}{2}X = 25°\ 23'\ 14''$	$X = 50°\ 46'\ 28''$
$\frac{1}{2}Y = 90\ 0\ 0$	$Y = 180\ 0\ 0$
$\frac{1}{2}Z = 64\ 36\ 46$	$Z = 129\ 13\ 32$

$x = \frac{-4\overline{P}\infty}{2}$

$\frac{1}{2}X = 19°\ 35'\ 30''$	$X = 39°\ 11'\ 0''$
$\frac{1}{2}Y = 90\ 0\ 0$	$Y = 180\ 0\ 0$
$\frac{1}{2}Z = 70\ 24\ 30$	$Z = 140\ 49\ 0$

Prismen.

$N = \infty P$

$\frac{1}{2}X = 30°\ 0'\ 0''$	$X = 60°\ 0'\ 0''$
$\frac{1}{2}Y = 60\ 0\ 0$	$Y = 120\ 0\ 0$

$L = \infty\breve{P}3$

$\frac{1}{2}X = 60°\ 0'\ 0''$	$X = 120°\ 0'\ 0''$
$\frac{1}{2}Y = 30\ 0\ 0$	$Y = 60\ 0\ 0$

Endlich erhalten wir folgende Combinationswinkel,

	nach Rechnung:			
$o : P$	= 140°	57′	20″	
$o : o$ in X	= 113	52	42	
$o : o$ in Y	= 143	17	0	
$o : o$ in Z	= 78	5	20	
$o : N$	= 129	2	40	
$o : x$	= 140	44	53	
$o : z$	= 145	40	21	
$o : s$ anliegend.	= 171	48	15	
$o : y$ anliegend.	= 146	56	21	
$o : h$ anliegend.	= 145	48	52	
$o : r$ anliegend.	= 143	16	59	
$o : t$ anliegend.	= 139	20	8	
$o' : d$ anliegend.	= 140	44	52	{(111) : (621)}
$o : d$	= 105	5	43	{(1$\bar{1}$1) : (621)}
$o : d$	= 104	41	10	{(1$\bar{1}$1) : (62$\bar{1}$)}
$d : P$	= 109	35	30	
$d : d$ in X	= 123	47	40	
$d : d$ in Y	= 70	38	58	
$d : d$ in Z	= 140	49	0	
$d : x$	= 109	21	2	
	= 70	38	58	
$d : y$ anliegend.	= 128	7	23	
$d : h$ anliegend.	= 135	16	30	
$d : r$ anliegend.	= 140	44	53	

$d : t$ anliegend.	= 145°	45′	35″
$d : n$ anliegend.	= 134	41	2
$d : L$ anliegend.	= 160	24	30
$x : P$	= 109	35	30
$x : z$ anliegend.	= 174	12	16
$z : P$	= 115	23	14
y : P	= 157	55	33
$y : h$ anliegend.	= 170	45	43
$y : r$ anliegend.	= 163	1	47
$y : n$ anliegend.	= 167	45	30
$y : y$ über P	= 135	51	6
$y : t$ anliegend.	= 154	50	2
$h : P$	= 148	41	16
$h : r$ anliegend.	= 172	16	4
$h : t$ anliegend.	= 164	4	19
$h : h$ über P	= 117	22	32
$r : P$	= 140	57	20
$r : t$ anliegend.	= 171	48	15
$r : r$ über P	= 101	54	40
$t : P$	= 132	45	35
$t : t$ über P	= 85	31	10
$t : s$ anliegend.	= 136	55	33
$w : P$	= 144	12	37
$w : w$ in X	= 119	8	34

$w : w$ in Y	= 145°	59′	46″
$w : w$ in Z_a^s	= 71	34	46
$s : P$	= 132	45	35
$s : s$ in X	= 101	2	6
$s : s$ in Y	= 136	55	34
$s : s$ in Z	= 94	28	50
$n : P$	= 154	54	28
$n : n$ in X	= 155	31	0
$n : n$ in Y	= 136	54	24
$n : n$ in Z	= 50	11	4
$n : L$ anliegend.	= 115	5	32
$N : P$	= 90	0	0
$N : N$ in X	= 60	0	0
$N : N$ in Y	= 120	0	0
$N : L$ anliegend.	= 150	0	0
$L : P$	= 90	0	0
$L : L$ in X	= 120	0	0
$L : L$ in Y	= 60	0	0

Die chemische Zusammensetzung des Waluewits.

Die erste Analyse des sogenannten «Waluewits» wurde, wie bekannt, von P. v. Nikolajew ausgeführt und in den «Verhandlungen der R. K. Mineralogischen Gesellschaft veröffentlicht[1]). Da aber die Resultate dieser Analyse P. v. Nikolajew nicht für ganz befrie-

1) Vergl. «Verhandlungen der R. K. Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg, 1876, zweite Serie, Bd. XI, S. 341 und 355; auch meine «Materialien zur Mineralogie Russlands», 1875, Bd. VII, S. 358.

digend hielt, so hat er in der neuesten Zeit[1]) eine neue ausgeführt. Das Material zu dieser letzten, mit grosser Sorgfalt angestellten Analyse wurde von A. v. Lösch geliefert, welcher jedes einzelne Stück dieses Minerals unter dem Mikroskop untersuchte. Die Resultate, welche P. v. Nikolajew erhalten hat, waren folgende[2]):

Kieselsäure	16,39
Thonerde	43,40
Kalkerde	13,04
Talkerde	20,38
Eisenoxydul	0,60
Eisenoxyd	1,57
Glühverlust	4,39[2])
	99,77

Das spec. Gewicht des Waluewits hat P. v. Nikolajew = 3,075 gefunden.

1) Vergl. «Verhandlungen der R. K. Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg, 1883, Bd. XVIII, S. 226.

2) Mittel aus zwei Bestimmungen: 4,26 und 4,53.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 11.

DER

MAGNETISCHE BIFILAR-THEODOLITH.

VON

H. Wild.

Mit 2 Figuren-Tafeln.

172720
AUG 29 1887
SMITHSONIAN DEPOS

(*Lu le 23 septembre 1886.*)

711.8

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

St.-Pétersbourg:	Riga:	Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 55 Kop. = 1 Mrk. 85 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 11.

DER
MAGNETISCHE BIFILAR-THEODOLITH.

VON

H. Wild.

Mit 2 Figuren-Tafeln.

(*Lu le 23 septembre 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

St.-Pétersbourg:	Riga:	Leipzig:
M. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 55 Kop. = 1 Mrk. 85 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.

Novembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

In einer kurzen Notiz im Bulletin unserer Akademie (T. XXVI, S. 69, Januar 1880) habe ich eine neue Methode zur Bestimmung der absoluten Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus vermittelst des Bifilar-Magnetometers angegeben und später in meiner Abhandlung «Ueber die Genauigkeit absoluter Bestimmungen der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus» (Repert. für Meteorol., Bd. VIII, № 7, S. 50 und folg., Januar 1883) ein provisorisches Instrument und vorläufige Beobachtungen damit nach der neuen Methode beschrieben. Seither ist nun das in der Werkstätte des Herrn Dr. M. Th. Edelmann in München bestellte definitive Instrument, das ich kurz magnetischer Bifilar-Theodolith nennen will, in meinen Besitz gelangt, in der Werkstätte des physikalischen Central-Observatoriums von Herrn Mechanikus Freiberg theilweise noch etwas verbessert, sodann von mir im Observatorium in Pawlowsk justirt und seine Constanten bestimmt worden, worauf Herr E. Leyst und ich im Jahre 1885 und 1886 eine grössere Zahl von absoluten Messungen damit angestellt haben. Es ist daher jetzt an der Zeit, die neue Methode und das zu ihrer Ausführung construirte Instrument genauer zu beschreiben und dieselbe auf ihre Leistungsfähigkeit an der Hand der Erfahrung zu prüfen.

1. Theorie der Methode und des Instruments.

Ein Magnet, dessen magnetisches Moment bei 0° mit M_0' bezeichnet sei, werde bifilar aufgehangen, und zwar so, dass er ohne merkliche Aenderung seiner relativen Lage zu den Aufhängefaden beliebig in sein Schiffchen eingelegt oder darin durch einen genau gleich schweren Messingstab — Torsionsstab — ersetzt werden könne. Durch abwechselndes Einlegen des Torsionsstabes und des Magnets und Drehen der oberen Suspension werde zuerst die Stellung des letztern aufgesucht, wo er ohne Torsion der Faden genau im magnetischen Meridian liegt. Dreht man darauf die obere Verbindungslinie der Faden um 90°, so wird der Torsionsstab im Schiffchen senkrecht zum ursprünglichen Meridian zu stehen kommen

und wenn er jetzt durch den Magnet ersetzt wird, so muss man jene Verbindungslinie um einen gewissen Winkel (Torsionswinkel) z_1 weiter drehen, damit auch der Magnet senkrecht zum ursprünglichen Meridian sich einstelle. Heissen wir H_1 die Horizontal-Intensität in diesem Augenblick, Δ_1 den Winkel des gegenwärtigen magnetischen Meridians mit dem ursprünglichen resp. die Aenderung der Declination vom Moment der Aufsuchung des magnetischen Meridians bis zur transversalen Orientirung des Magnets, endlich t_1 die Temperatur des Bifilars i. e. des Magnets und seiner Suspension im letztern Moment, so besteht die Gleichgewichtsbedingung:

$$H_1 \cos \Delta_1 \, M'_0 \, (1 - \mu' t_1) = \frac{Q d_0 d'_0 g}{4 l_0} \sin z_1 \left[1 + \frac{8 \pi \rho^4 \varepsilon}{5 Q_0 d_0 d'_0} \cdot \frac{z_1}{\sin z_1} + (\delta + \delta' - \lambda) t_1\right],$$

wo μ' den Temperaturcoefficienten des Magnets, Q die an den beiden Faden hängende Gesammtmasse, d_0 die obere, d'_0 die untere Distanz der beiden Faden von gleicher Länge l_0, alle drei Grössen bei 0° genommen, g die Beschleunigung der Schwere am Ort der Beobachtung, ρ den Radius der Aufhängefaden und ε den Elasticitätscoefficienten ihrer Substanz, endlich δ und δ' die Ausdehnungscoefficienten der Verbindungsstücke der Faden oben und unten und λ denjenigen der Substanz der Faden darstellen. Setzen wir nun abkürzend:

$$\frac{Q d_0 d'_0 g}{4 l_0} = D_0, \quad \frac{8 \pi \rho^4 \varepsilon}{5 Q d_0 d'_0} = s, \quad \mu' + \delta + \delta' - \lambda = \beta',$$

so geht berücksichtigend die Kleinheit von μ' und des Winkels Δ_1 obige Gleichung über in folgende:

(1) ..... $H_1 M'_0 = D_0 \sin z_1 \left(1 + s \frac{z_1}{\sin z_1} + \beta' t_1 + \frac{1}{2} \sin^2 \Delta_1\right).$

Angenommen wir machen genau dieselbe Operation mit einem zweiten, gleich schweren Magnet durch, dessen magnetisches Moment bei 0°: M''_0 sein möge, so gilt für den zweiten beobachteten Torsionswinkel z_2 bei der Temperatur t_2 dieses Magnets die Gleichung:

(2) ... $H_1 M''_0 = D_0 \sin z_2 \left[1 + s \frac{z_2}{\sin z_2} + \beta'' t_2 + \frac{1}{2} \sin^2 \Delta_2 - (n_2 - n_1) k\right],$

wo β'' sich von β' nur dadurch unterscheidet, dass an Stelle des Temperaturcoefficienten μ' des ersten, jetzt μ'' des zweiten Magnets getreten ist, Δ_2 die Declinationsänderung vom Moment der Aufsuchung des magnetischen Meridians für den zweiten Magnet bis zur transversalen Orientirung desselben, n_1 die Ablesung an einem Variationsapparat für Horizontal-Intensität zur Zeit der Transversalstellung des ersten und n_2 diejenige im Moment dieser Einstellung des zweiten Magnets, endlich k den Empfindlichkeitscoefficienten dieses Variationsapparats, d. h. die einem Scalentheil entsprechende Aenderung der Horizontal-Intensität in Bruchtheilen ihres ganzen Betrags darstellen, so dass die Horizontal-Intensität H_2 im letztern Moment ist:

$$H_2 = H_1 [1 + (n_2 - n_1) k].$$

Aus den Gleichungen 1. und 2. folgt durch Zusammenfassung:

$$H_1 (M'_0 + M''_0) = D_0 (\sin z_1 + \sin z_2) \left(1 + \frac{b_1 \sin z_1 + b_2 \sin z_2}{\sin z_1 + \sin z_2}\right), \quad \ldots\ldots \text{I.}$$

wo wir abkürzend gesetzt haben:

$$b_1 = s \frac{z_1}{\sin z_1} + \beta' t_1 + \tfrac{1}{2} \sin^2 \Delta_1,$$

$$b_2 = s \frac{z_2}{\sin z_2} + \beta'' t_2 + \tfrac{1}{2} \sin^2 \Delta_2 - (n_2 - n_1) k.$$

Es werde endlich ein dritter, ebenfalls nahe gleich schwerer Magnet, dessen magnetisches Moment bei 0°: m_0 sei, ins Bifilarschiffchen gelegt und ebenso wie die frühern behandelt, so wird für den neuen, mit ihm beobachteten Torsionswinkel z' bei der Temperatur τ' die analoge Gleichung gelten:

$$H_1 m_0 = D'_0 \sin z' \left[1 + s' \frac{z'}{\sin z'} + \beta\tau' + \tfrac{1}{2} \sin^2 \Delta' - (n' - n_1) k\right], \quad \ldots\ldots \textbf{(3)}$$

wo die Bedeutung der Grössen Δ' und n' nach dem Frühern ohne Weiteres ersichtlich ist, β von β' sich bloss durch Ersetzung des Temperaturcoefficienten μ' durch denjenigen des dritten Magnets — er sei μ — unterscheidet und D'_0 und s' von D_0 nur durch das neue Gewicht Q'_0 des letztern gegenüber Q_0 bei den andern Magneten verschieden sind.

Nunmehr lege man die beiden Magnete M'_0 und M''_0 in je gleiche Entfernung und mit ihren Polen gleichgerichtet, den einen nördlich, den andern südlich, parallel zum und im magnetischen Meridian durch das Centrum des Magnets m_0 in gleicher Höhe mit diesem horizontal auf eine passende Schiene auf, so werden sie je nach ihrer Pol-Lage nach der einen oder andern Seite den Magnet m_0 aus der Transversallage ablenken und man wird dessen Torsionswinkel z' vergrössern resp. verkleinern müssen, um ihn trotz dieser neuen Einwirkung wieder senkrecht zum ursprünglichen Meridian bei Aufsuchung desselben für diesen dritten Magnet einzustellen.

Wenn zuerst die Magnete mit Nordpol nach Nord gewendet aufgelegt werden, also die Wirkung des Erdmagnetismus unterstützen, so wird für den alsdann beobachteten Torsionswinkel z'_1 bei der Temperatur τ'_1 des Magnets m_0 im Bifilar und der Temperatur t'_1 der Magnete M'_0 und M''_0 die Gleichung gelten:

$$\left.\begin{aligned} H_1 m_0 + 2 m_0 \frac{M'_0 + M''_0}{E_0^3} \left[1 - (3m + \mu_x) t'_1 + \nu_x H + \tfrac{1}{2} \sin^2 \Delta'_1 - (n'_1 - n_1) k + x\right] = \\ = D'_0 \sin z'_1 \left[1 + s' \frac{z'_1}{\sin z'_1} + \beta \tau'_1 + \tfrac{1}{2} \sin^2 \Delta'_1 - (n'_1 - n_1) k\right], \end{aligned}\right\} \textbf{(4)}$$

wo wir abkürzend gesetzt haben:

$$(4')\ldots\ldots\begin{cases}\mu_x = \frac{M'_0\,\mu' + M''_0\,\mu''}{M'_0 + M''_0}, \qquad \nu_x = \frac{M'_0\,\nu'_a + M''_0\,\nu''_a}{M'_0 + M''_0},\\ x = \frac{p}{E^2_0} + \frac{q}{E^4_0} + \frac{r}{E^6_0}.\end{cases}$$

Hier bedeuten ν'_a und ν''_a die Inductionscoefficienten der beiden ersten Magnete im Verstärkungsfall, E_0 die halbe Entfernung der Mittelpunkte der beiden Magnete M_0' und M_0'' bei 0°, m den linearen Ausdehnungscoefficienten der Schiene, Δ'_1 die Declinations-Aenderung von der Aufsuchung des Meridians für m_0 bis zum Beobachtungsmoment, n'_1 ist die Ablesung am Variationsapparat für denselben Moment der letzten Einstellung, und nach Lamont und Chwolson sind die Constanten p, q, r der Magnete — für die beiden ersten als gleich vorausgesetzt — gegeben durch:

$$(4'')\ldots\ldots\begin{cases}p = 2F^2 - 3f^2,\\ q = 3F^4 - 15\,F^2 f^2 + \frac{45}{8} f^4,\\ r = -3\,(2\Gamma^2 - 3\gamma^2),\end{cases}$$

wo F die bei den zwei ersten Magneten als gleich gross angenommene halbe Poldistanz, Γ die halbe Distanz der vier Pole im Querschnitt — die Magnetquerschnitte als quadratische, kreisförmige oder ringförmige vorausgesetzt —, f und γ die betreffenden Grössen für den dritten, im Bifilar liegenden Magnet, den Hülfsmagnet, darstellen. Allgemein ist dann: $F = C\frac{L}{2}$ und bei quadratischem Querschnitt: $\Gamma = C'\frac{b}{2}$, bei kreisförmigen: $\Gamma = C'\frac{D}{2\sqrt{2}}$ zu setzen, wo L die Länge, b die Seite des Quadrats, D den Durchmesser des betreffenden Stabes und C und C' Constanten darstellen, welche angenähert Werthe von 0,8 bis 0,9 besitzen.

Kehren wir beide Magnete um, so dass ihr Drehungsmoment sich jetzt zu dem der Torsion addirt, so gibt die Beobachtung des Torsionswinkels z'_2 in diesem Falle bei der Temperatur τ'_2 des Hülfsmagnets m_0 und der Temperatur t'_2 der Magnete M_0' und M_0'' die Gleichung:

$$(5)\begin{cases}H_1 m_0 - 2m_0\frac{M'_0 + M''_0}{E_0^3}\left[1 - (3m + \mu_x)t'_2 - \nu_y H + \frac{1}{2}\sin^2\Delta'_2 - (n'_2 - n_1)k + x\right] =\\ \qquad = D'_0 \sin z'_2\left[1 + s'\frac{z'_2}{\sin z'_2} + \beta\tau'_2 + \frac{1}{2}\sin^2\Delta'_2 - (n'_2 - n_1)k\right],\end{cases}$$

wo Δ'_2 die Declinations-Aenderung bis zu diesem neuen Beobachtungsmoment, n'_2 die jetzige Ablesung am Variationsapparat für Horizontal-Intensität darstellen, endlich gesetzt ist:

$$\nu_y = \frac{M'_0\,\nu'_b + M''_0\,\nu''_b}{M'_0 + M''_0},$$

hier repräsentiren ν'_b und ν''_b die Inductionscoefficienten der beiden Magnete im Schwächungsfalle.

Dividiren wir nun die Differenz der Gleichungen 4 und 5 durch 3, so kommt:

$$\left.\frac{H_1}{M'_0 + M''_0} = \frac{4}{E^3_0}\,\frac{\sin z'\left(1 + a + \frac{c_1 + c_2}{2}\right)}{(\sin z'_1 - \sin z'_2)\left(1 + \frac{a_1 \sin z'_1 - a_2 \sin z'_2}{\sin z'_1 - \sin z'_2}\right)}\right\}, \quad \ldots\ldots \text{II.}$$

wo abkürzend gesetzt wurde:

$$a = s'\,\frac{z'}{\sin z'} + \beta\tau' + \tfrac{1}{2}\sin^2\Delta' - (n' - n_1)\,k,$$

$$a_1 = s'\,\frac{z'_1}{\sin z'_1} + \beta\tau'_1 + \tfrac{1}{2}\sin^2\Delta'_1 - (n'_1 - n_1)\,k,$$

$$a_2 = s'\,\frac{z'_2}{\sin z'_2} + \beta\tau'_2 + \tfrac{1}{2}\sin^2\Delta'_2 - (n'_2 - n_1)\,k,$$

$$c_1 = x - (3m + \mu_x)\,t'_1 + \nu_x H + \tfrac{1}{2}\sin^2\Delta'_1 - (n'_1 - n_1)\,k,$$

$$c_2 = x - (3m + \mu_x)\,t'_2 - \nu_y H + \tfrac{1}{2}\sin^2\Delta'_2 - (n'_2 - n_1)\,k\ ^{1}).$$

Aus Gleichung II ist ersichtlich, dass die Grösse D_0' ganz herausgeht, dagegen nicht s'. Aus den Gleichungen I und II folgt aber schliesslich zur Ableitung von H_1:

$$\left.H_1^2 = \frac{4\,D_0}{E_0^3}\,\frac{\sin z'\,(\sin z_1 + \sin z_2)\left(1 + a + \frac{c_1 + c_2}{2} + \frac{b_1 \sin z_1 + b_2 \sin z_2}{\sin z_1 + \sin z_2}\right)}{(\sin z'_1 - \sin z'_2)\left(1 + \frac{a_1 \sin z'_1 - a_2 \sin z'_2}{\sin z'_1 - \sin z'_2}\right)}\right\}, \quad \ldots\ldots \text{III.}$$

oder nach einigen Umformungen:

$$\left.H_1^2 = \frac{4\,D_0}{E_0^3}\,\frac{\sin z'\,\sin\frac{z_1 + z_2}{2}\,\cos\frac{z_1 - z_2}{2}}{\cos\frac{z'_1 + z'_2}{2}\,\sin\frac{z'_1 - z'_2}{2}}\left\{1 + a + \frac{c_1 + c_2}{2} + \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{b_1 - b_2}{2}\,\mathrm{tang}\,\frac{z_1 - z_2}{2}\,\mathrm{cotg}\,\frac{z_1 + z_2}{2} - \frac{a_1 - a_2}{2}\,\mathrm{tang}\,\frac{z'_1 + z'_2}{2}\,\mathrm{cotg}\,\frac{z'_1 - z'_2}{2}\right\}\right\} \text{III'.}$$

1) Einen der Gleichung II entsprechenden Ausdruck für $\frac{H_1}{M_0' + M_0''}$ hätten wir auch bloss, wie ich es früher gethan habe, aus den Gleichungen 4 und 5 ableiten können, also der Gleichung 3 resp. der Beobachtung des Torsionswinkels z' nicht bedurft. Da indessen diese Beobachtung nur eine Vernierablesung mehr erheischt, d. h. die bezüglichen Einstellungen doch auszuführen sind, und durch das Herbeiziehen der Gleichung 3 die Ausdrücke einfacher und übersichtlicher werden, so zog ich dies neue Verfahren vor.

Führen wir hier die Winkel für D_0, a, a_1, a_2, c_1 etc. ein, so kommt schliesslich:

$$\text{IV.}\quad \left\{\begin{aligned} H_1^2 = {} & \frac{Q.g.d_0.d'_0}{l_0 E_0^3} \frac{\sin z' \sin\frac{z_1+z_2}{2} \cos\frac{z_1-z_2}{2}}{\sin\frac{z'_1-z'_2}{2}\cos\frac{z'_1+z'_2}{2}} \left\{ 1 + x + \frac{M'_0(\nu'_a-\nu'_b)+M''_0(\nu''_a-\nu''_b)}{2(M'_0+M''_0)} + \right. \\ & + (\mu+\delta+\delta'-\lambda)\left(\tau' - \frac{\tau'_1+\tau'_2}{2}\right) + \frac{\mu' t_1+\mu'' t_2}{2} + (\delta+\delta'-\lambda)\frac{t_1+t_2}{2} - \\ & - \left(\frac{M'_0\mu'+M''_0\mu''}{M'_0+M''_0} + 3m\right)\frac{t'_1+t'_2}{2} + \frac{1}{2}\sin^2\Delta' + \frac{1}{4}(\sin^2\Delta_1+\sin^2\Delta_2) + \\ & + s'\left[\frac{z'}{\sin z'} - \frac{1}{2}\left(\frac{z'_1}{\sin z'_1}+\frac{z'_2}{\sin z'_2}\right)\right] + \frac{s}{2}\left(\frac{z_1}{\sin z_1}+\frac{z_2}{\sin z_2}\right) - \left(n' - n_1 + \frac{n_2-n_1}{2}\right)k + \\ & + \operatorname{tang}\frac{z_1-z_2}{2}\operatorname{cotg}\frac{z_1+z_2}{2}\left[\frac{s}{2}\left(\frac{z_1}{\sin z_1}-\frac{z_2}{\sin z_2}\right) + \frac{\mu' t_1-\mu'' t_2}{2} + (\delta+\delta'-\lambda)\frac{t_1-t_2}{2} + \right. \\ & + \frac{1}{4}(\sin^2\Delta_1-\sin^2\Delta_2) + \left.\frac{n_2-n_1}{2}k\right] - \operatorname{tang}\frac{z'_1+z'_2}{2}\operatorname{cotg}\frac{z'_1-z'_2}{2}\left[\frac{s'}{2}\left(\frac{z'_1}{\sin z'_1}-\frac{z'_2}{\sin z'_2}\right) + \right. \\ & \left. \left. + (\mu+\delta+\delta'-\lambda)\frac{\tau'_1-\tau'_2}{2} + \frac{1}{4}(\sin^2\Delta'_1-\sin^2\Delta'_2) + \frac{n'_2-n'_1}{2}k\right]\right\}, \end{aligned}\right.$$

wo:

$$x = \frac{p}{E^2_0} + \frac{q}{E^4_0} + \frac{r}{E^2_0}, \qquad s = \frac{8\pi\rho^4.\varepsilon}{5 Q d_0 d'_0} \text{ und } s' = \frac{8\pi\rho^4.\varepsilon}{5 Q' d_0 d'_0}$$

ist, p, q und r aber die durch 4″ gegebene Bedeutung haben resp. nur von der Vertheilung des Magnetismus in den Magnetstäben und ihren Dimensionen abhängige constante Grössen darstellen.

Dies ist der allgemeine und strenge Ausdruck für H_1^2, der indessen unter folgenden, in Wirklichkeit leicht zu realisirenden Voraussetzungen noch beträchtliche Vereinfachungen erleidet.

Zunächst haben es die neuern Untersuchungen von F. Kohlrausch[1]) und H. Sack[2]) wahrscheinlich gemacht, dass der von Lamont nach seinen Versuchen eingeführte beträchtliche Unterschied zwischen den Inductionscoefficienten bei Schwächung und bei Verstärkung des eigenen Magnetismus für harte und permanente Stahlstäbe in dem Fall von Induction durch den Erdmagnetismus d. h. bei Anwendung schwächerer inducirender Kräfte verschwindend klein sei resp. also: $\nu'_a = \nu'_b$ und $\nu''_a = \nu''_b$ zu setzen sei. Es wird somit das Glied mit diesen Grössen oben sehr nahe gleich Null sein[3]).

---

1) Nachrichten von der K. Gesellsch. der Wiss. zu Göttingen, 1. Dec. 1883, S. 401.

2) Inaugural-Dissertation. Frankfurt a. M.' 1886.

3) Vor Kurzem habe ich nach einer neuen, wie ich glaube, einwurfsfreien Methode auch für die beiden Hauptmagnete unseres Theodolithen die beiderlei Inductionscoefficienten bestimmt und dafür folgende Werthe gefunden (diese Memoiren T. XXXIV, № 7. Sept. 1886):

Wir werden ferner innerhalb der erforderlichen Genauigkeitsgrenzen stets wenigstens für die beiden in Form, Grösse und Gewicht als gleich vorausgesetzten Magnete M_0' und M_0'' den Temperaturcoefficienten als gleich gross voraussetzen können, also annehmen können, dass sei:

$$\mu'' = \mu'.$$

Ebenso werden wir $s = s'$ setzen können, da schon zur Erhaltung der constanten Länge der Faden das Gewicht Q' des Hülfsmagnets sehr nahe gleich dem der beiden Hauptmagnete gemacht werden muss und eine kleine Differenz in diesem Gewicht zweiter Ordnung nicht von Belang ist.

Nehmen wir ferner an, es bestehen die obern und untern Verbindungsstücke aus demselben Material (Messing), wie die Ablenkungsschiene, und es werde die Länge l_0 der Faden jedesmal mit einem ebenfalls aus demselben Material bestehenden Maassstab ausgemessen, so wird:

$$\delta + \delta' - \lambda = m$$

werden. Endlich können, da die Messungen zur Zeit von Störungen eo ipso ausgeschlossen sind, die Declinations-Aenderungen Δ im Laufe derselben 20′ nicht übersteigen, es werden folglich alle mit $\sin^2 \Delta$ behafteten Glieder verschwindend klein werden. Wir erhalten sonach:

$$\left.\begin{aligned} H_1^2 = \frac{Q.g\,d_0.d'_0}{E_0^3\,l_0}\,\frac{\sin z'.\sin z_m.\cos\zeta}{\cos z'_m.\sin\zeta'}\Big\{ 1 + x + (\mu + m)\left(\tau' - \frac{\tau'_1+\tau'_2}{2}\right) + \\ + (\mu' + m)\left(\frac{t_1+t_2}{2} - \frac{t'_1+t'_2}{2}\right) - 2m\,\frac{t'_1+t'_2}{2} - \left(n' - n_1 + \frac{n_2-n_1}{2}\right)k + \\ + s\left[\frac{z'}{\sin z'} + \frac{1}{2}\left(\frac{z_1}{\sin z_1} + \frac{z_2}{\sin z_2} - \frac{z'_1}{\sin z'_1} - \frac{z'_2}{\sin z'_2}\right)\right] + \\ + \operatorname{tang}\zeta\,\operatorname{cotg} z_m\left[\frac{s}{2}\left(\frac{z_1}{\sin z_1} - \frac{z_2}{\sin z_2}\right) + (\mu' + m)\,\frac{t_1-t_2}{2} + \frac{n_2-n_1}{2}k\right] - \\ - \operatorname{tang} z'_m\,\operatorname{cotg}\zeta'\left[\frac{s}{2}\left(\frac{z'_1}{\sin z'_1} - \frac{z'_2}{\sin z'_2}\right) + (\mu + m)\,\frac{\tau'_1-\tau'_2}{2} + \frac{n'_2-n'_1}{2}k\right]\Big\}, \end{aligned}\right\} \text{V.}$$

wo abkürzend gesetzt wurde:

$$z_m = \frac{z_1+z_2}{2},\quad z'_m = \frac{z'_1+z'_2}{2},\quad \zeta = \frac{z_1-z_2}{2},\quad \zeta' = \frac{z'_1-z'_2}{2}.$$

$\nu'_a = 0{,}000771$, $\nu'_b = 0{,}000773$;
$\nu''_a = 0{,}000846$, $\nu''_b = 0{,}000841$.

Da M_0' sehr nahe $= M_0''$ ist, so würde also das Glied mit den vorstehenden Coefficienten im Ausdruck IV den Werth:

$$\tfrac{1}{2}\,(0{,}000005 - 0{,}000002) = 0{,}0000015$$

annehmen, also in der That eine ganz zu vernachlässigende Grösse sein.

Da in den Gliedern mit den Temperaturcoefficienten hiernach bloss Temperaturdifferenzen auftreten und die Ausdehnungscoefficienten klein sind, so genügt es für letztere die bekannten Werthe für die betreffenden Materialien zu nehmen und erstere nur angenähert zu bestimmen. Zu letzterer Bestimmung bietet aber das Bifilar selbst das beste Mittel dar.

Es werden für den einen oder andern Magnet bei den Temperaturen t_1 und t_2, wie es zu Anfang erörtert ist, die Torsionswinkel z_1 und z_2 erhalten, so werden dafür die Gleichungen 1 und 2 gelten, wenn man in 2. M_0'' durch M_0' und β'' durch β' ersetzt. Aus diesen zwei Gleichungen folgt dann aber:

$$(6) \quad \beta' = \mu' + m = \frac{1 - \frac{l_2 \sin z_1}{l_1 \sin z_2}\left[1 + s\left(\frac{z_1}{\sin z_1} - \frac{z_2}{\sin z_2}\right) + (n_2 - n_1)\,k + \frac{1}{2}\,(\sin^2 \Delta_1 - \sin^2 \Delta_2)\right]}{t_1 - t_2},$$

wobei wir der Allgemeinheit halber angenommen haben, es sei in der Länge l der Faden noch eine andere als die blosse Veränderung durch die Temperatur (etwa durch Dehnung oder Einfluss der Feuchtigkeit) von der ersten zur zweiten Beobachtung erfolgt, und demgemäss die Längen in beiden Fällen durch l_1 und l_2 dargestellt haben.

Die Constante k ist vom betreffenden Variationsapparat her bekannt resp. in bekannter Weise leicht zu bestimmen.

In dem Ausdruck:

$$(7) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad s = \frac{8\,\pi \rho^4\,\varepsilon}{5\,Q\,d_0\,d'_0},$$

hat, eine befriedigende Kenntniss des Elasticitätscoefficienten ε der Substanz der Faden vorausgesetzt, die Bestimmung ihres Halbmessers ρ mit genügender Sicherheit ihre Schwierigkeiten. Da indessen für die Ausmessung von l_0 und seiner Veränderungen im Laufe der Zeit eine bezügliche Vorrichtung am Apparat so wie so erforderlich ist, so kann obige Schwierigkeit vermindert und zugleich ε direct bestimmt werden, indem man ein kleines Gewicht γ auf den Torsionsstab auflegt und die dadurch bewirkte Verlängerung v der Fäden misst. Alsdann ist wegen Vertheilung des Gewichtes γ auf beide Faden:

$$(8) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \varepsilon = \frac{l_0 \cdot \gamma}{2\,v\,\rho^2\,\pi}$$

und folglich:

$$(9) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad s = \frac{4\,l_0\,\rho^2\,\gamma}{5\,Q\,d_0\,d'_0\,v}.$$

Die im Ausdruck von x steckenden Constanten p, r und q können in verschiedener Weise bestimmt werden. Man wählt entweder die vom Längenverhältniss der Magnete abhängige Grösse: $A = \frac{f}{F}$ nach den theoretischen Werthen für diese Constanten (siehe 4″, S. 4) so, dass

$$q = 3\,F^4\left(1 - 5\,A^2 + \frac{15}{8}\,A^4\right) = 0$$

wird, was eintritt, wenn:

$$A = 0{,}467$$

gewählt wird, und bestimmt dann die beiden Grössen $p + r$ zusammen empirisch durch Ausführung der Messungen in zwei verschiedenen Entfernungen der Magnete E_0' und E_0''.

Da die Poldistanz der Magnete unbekannt ist, so können wir obige Bedingung nur unter der Voraussetzung erfüllen, dass dieselbe bei den beiderlei Magneten im gleichen Verhältniss zu ihren Längen stehe, dass somit sei:

$$A = \frac{f}{F} = \frac{l}{L},$$

wenn l die Länge des Hülfsmagnets und L diejenige der beiden Hauptmagnete darstellen. Nach den vorliegenden Bestimmungen dürfte bei der gewöhnlichen Form unserer Magnete (nicht zugespitzt) die halbe Poldistanz nur zwischen den Grenzen:

$$f = 0{,}85\,\frac{l}{2} \text{ und } = 0{,}90\,\frac{l}{2}$$

variiren. Angenommen es sei unter der obigen Voraussetzung:

$$l = 0{,}467 \cdot L$$

oder für $L = 80$ mm. : $l = 37{,}36$ mm. gemacht worden; es sei aber in Wirklichkeit:

$$f = 0{,}85\,\frac{l}{2} \text{ und } F = 0{,}90\,\frac{L}{2},$$

so wird jetzt A nicht mehr $= 0{,}467$, sondern:

$$A = \frac{f}{F} = 0{,}441$$

sein, und wenn wir diesen Werth in den obigen Ausdruck für q einführen, so wird das Glied in der Klammer nicht mehr $= 0$, sondern $= 0{,}0993$. In Folge dessen würde das ganze letzte Glied der Reihe für $L = 80$ mm. und $E_0 = 320$ mm.

$$\frac{q}{E_0^4} = 0{,}0000382$$

werden, d. h. immer noch eine sehr kleine, zu vernachlässigende Grösse repräsentiren.

Oder wir wählen zunächst das Verhältniss $B = \frac{\gamma}{F}$ der Poldistanz in den Querschnitten der Hauptmagnete und des Hülfsmagnets nach 4″. so, dass:

$$r = -3\,\Gamma^2\,(2 - 3\,B^2) = 0$$

wird, was der Fall ist, wenn man:

$$B = 0{,}817$$

macht und sodann richten wir das Poldistanz-Verhältniss A der beiderlei Magnete so sein, dass:

$$\frac{p}{E_0^2} + \frac{q}{E_0^4} = 0$$

wird, was zu folgender Gleichung zur Bestimmung von A führt:

$$A^2 = \frac{4}{3}\left(1 + \frac{E_0^2}{5\,F^2}\right) \pm \sqrt{\left(\frac{4}{3}\right)^2\left(1 + \frac{E_0^2}{5\,F^2}\right)^2 - \frac{8}{15}\left(1 + \frac{2}{3}\,\frac{E_0^2}{F^2}\right)}$$

oder da jedenfalls das negative Zeichen vor der Wurzel zu nehmen ist:

$$A^2 = \frac{3\,F^2 + 2\,E_0^2}{15\,F^2 + 3\,E_0^2}.$$

Zur Erfüllung der ersten dieser Bedingungen müssen wir wegen Unkenntniss der Pol-Lagen im Querschnitt auch wieder annehmen, es sei:

$$B = \frac{\gamma}{\Gamma} = \frac{d}{D},$$

wenn d den Durchmesser des Hülfsmagnets und D den der Hauptmagnete darstellt, beide als cylindrisch oder röhrenförmig vorausgesetzt. Um zu erfahren, welche Unsicherheit im Resultat auch aus dieser Hypothese eintreten könnte, nehmen wir wie oben eine entsprechende Differenz dieser Verhältnisse bei den beiden Magneten an, indem wir:

$$\gamma = 0{,}85\,\frac{d}{2\sqrt{2}} \text{ und } \Gamma = 0{,}90\,\frac{D}{2\sqrt{2}}$$

setzen. In Folge dessen würde für $\frac{d}{D} = 0{,}817$ jetzt: $B = \frac{\gamma}{\Gamma} = 0{,}772$ werden und statt gleich 0 würde jetzt sein:

$$2 - 3\,B^2 = 0{,}214.$$

Angenommen es sei: $D = 16$ mm., so wird das Glied mit r den Werth annehmen:

	für $E_0 = 320$ mm.	für $E_0 = 450$ mm.
$\frac{r}{E_0^2} =$	$-\ 0{,}000124,$	$-\ 0{,}000062$

welche Grössen an der Grenze der zu vernachlässigenden stehen.

Die Berechnung von A in diesem Fall setzt die Kenntniss von F voraus. Setzen wir das eine Mal:

$$F = 0{,}85 \frac{L}{2} \text{ und das andere Mal } = 0{,}90 \frac{L}{2}$$

und nehmen an, es sei wie bisher: $L = 80$ mm., so erhält man für $E_0 = 320$ mm. und $E_0 = 450$ mm.:

$C =$	0,85		0,90	
$E_0 =$	320	450	320	450
$A =$	0,801	0,809	0,799	0,808
$l =$	64,08	64,72	63,92	64,64.

Die Veränderung des erhaltenen Werthes von A von daher ist also keine beträchtliche. Viel grösser sind sie, wenn für die beiderlei Magnete die Constante C nicht als gleich zu betrachten ist, wie wir vorausgesetzt haben. Angenommen es sei unter dieser Voraussetzung im letzten Fall:

$$l = 0{,}808 \cdot L = 64{,}64 \text{ mm.}$$

gemacht worden; es sei aber in Wirklichkeit wieder:

$$f = 0{,}85 \frac{l}{2} \text{ und } F = 0{,}90 \frac{L}{2},$$

so wird jetzt statt 0,808 die Grösse A den Werth annehmen:

$$A = 0{,}763.$$

Während man also für $E_0 = 450$, $L = 80$ mm., $l = 64{,}64$ mm. und der Annahme $F = 0{,}90 \frac{L}{2}$, $f = 0{,}90 \frac{l}{2}$, resp. $A = 0{,}808$, hat:

$$\frac{p}{E_0^2} + \frac{q}{E_0^4} = 0$$

ergibt sich für dieselben Werthe von E_0, L und l aber unter der Annahme: $F = 0{,}90 \frac{L}{2}$, $f = 0{,}85 \frac{l}{2}$ resp. $A = 0{,}763$ nach Einsetzung in die Ausdrücke für p und q:

$$\frac{p}{E^2_0} + \frac{q}{E^4_0} = 0{,}00145.$$

Es ist also nicht sowohl der absolute Werth der Constanten C als die grössere oder geringere Uebereinstimmung derselben bei den beiderlei Magneten, welche auf das Resultat bei dieser Methode beträchtlich influirt. Man wird somit diese Methode, welche sich sonst durch ihre Einfachheit empfehlen würde, jedenfalls nur dann verwenden können, wenn man

den Hauptmagneten und dem kleinern Hülfsmagnet ähnliche Form gibt, beide aus demselben Stahl anfertigt, endlich sie in gleicher Weise härtet und magnetisirt, so dass man dann einer nahen Uebereinstimmung der Constanten C bei beiden sicher sein kann. Wäre dieselbe z. B. in dem obigen Beispiel beim grossen Magnet 0,90 und beim kleinen 0,89 gewesen, resp. $A = 0{,}799$ geworden, so hätten wir erhalten:

$$\frac{p}{E^2_0} + \frac{q}{E^4_0} = 0{,}00031.$$

2. Beschreibung des Bifilar-Theodoliths.

Wie ich schon S. 70 meiner Anfangs erwähnten Abhandlung im Repertorium für Meteorologie erwähnt habe, liess ich den neuen Theodolithen von Herrn Edelmann so einrichten, dass derselbe ausser für die neue Methode auch zu Messungen der Horizontal-Intensität nach der Gauss'schen Methode und folglich auch zu der aus beiden combinirten Methode benutzt werden könne. Es bedingte dies einige Complicationen am Apparat, welche für die Ausführung bloss der bifilaren Methode nicht nöthig gewesen wären, auf welche ich aber bei der folgenden Beschreibung doch werde Rücksicht zu nehmen haben.

Von den beiliegenden Zeichnungen in halber natürlicher Grösse stellt Tafel I den Theodolithen in der Anordnung dar, wie er für die Ablenkungsbeobachtungen nach der Gauss'schen Methode dient, Tafel II aber repräsentirt den Theil, welcher an Stelle des centralen Magnetgehäuses mit unifilarer Suspension auf den Theodolithen aufgesetzt wird, wenn die Messungen nach der neuen Bifilar-Methode ausgeführt werden sollen.

In Tafel I ist A der Dreifuss mit Stellschrauben, welcher dem in $^1/_6{}^\circ$ auf Silber getheilten Horizontalkreis B und der Büchse für die Vertikalaxe mit der Alhidade C als Träger dient. Die vier Verniere der letztern lassen mit Hülfe der Lupen D je $10''$ ablesen und $5''$ noch sehr gut schätzen. Die Klemme E und die Feinstellung F der Alhidade mit Mikrometerschraube ist ohne Weiteres verständlich. Auf den höhern centralen Theil der Alhidade, der am Rande eine konische Nute eingedreht hat, ist der massive Ring G centrisch genau angepasst und vermittelst zweier diametraler, in jene Nute eingreifender konisch zugespitzter Schrauben a nach erfolgter Orientirung daran festzuklemmen. Dieser Ring trägt weiterhin die Lagerstützen HH der Horizontalaxe des Fernrohrs J. An einem zweiten Ringe K springen nämlich nach innen an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten Zapfen vor, welche auf den Y-förmigen Lagerstellen jener Stützen aufliegen, während in der Senkrechten darauf in Bohrungen des Ringes einerseits das Fernrohr J, anderseits die Röhre L mit dem Gegengewicht M eingeschraubt sind. Die nach aussen vom Ring verlängerten Zapfen tragen zunächst einerseits die Klemme N mit mikrometrischer Feinstellung O unten, anderseits den in $^1/_4{}^\circ$ getheilten Kreissector P und die Lupe Q, welche am fixen Vernier b einzelne Minuten ablesen lässt. In die äussersten Enden der durchbohrten Zapfen lassen sich endlich die bei-

den Röhren R und R' einsetzen, bei welchen auf eine längere Strecke die eine Hälfte weggenommen ist. Die so entstandenen Rinnen dienen zur Auflegung des cylindrischen, nur auf der obern Seite mit einem Stift c versehenen Ablenkungsmagnets m und des Thermometers t mit Deckel d über seinem Gefäss, das entweder als Gegengewicht zum Magnet auf die andere Seite zu liegen kommt und auch so Angesichts der Symmetrie des ganzen Apparats genau genug die Temperatur des Magnets angeben wird, oder die dann namentlich bei Anwendung zweier Ablenkungsmagnete je in die Höhlung der röhrenförmigen Magnete eingeschoben werden. Auf dem Rand des Ausschnittes der röhrenförmigen Schiene sind die Theilstriche gezogen, und die Magnete werden mit einem in der Mitte rund um sie gezogenen Striche auf dieselben direct eingestellt. Um die röhrenförmigen Ansätze der Ablenkungsschiene stets in genau gleicher Weise mit dem Ring verbinden zu können, sind ihre Enden konisch gemacht und in entsprechende Vertiefungen der Zapfen eingeschliffen, ihre flachen Ansätze aber werden durch Ueberfangmuttern S an die äussern Zapfenenden angepresst.

Zur Wahrung der Centricität insbesondere für den Bifilar-Aufsatz hat Herr Edelmann eine ihm eigenthümliche Construction der Magnetgehäuse und ihrer Träger ersonnen. In eine centrisch ausgedrehte Vertiefung des erwähnten höhern Theils der Alhidade lässt sich für die Messungen nach der Gauss'schen Methode ein am obern und untern Rand abgedrehter, genau passender Messingcylinder T mit dem einen oder andern Ende einsetzen und durch zwei Schrauben, von denen in der Zeichnung nur die vordere sichtbar ist, auf der Alhidade fixiren. An zwei diametralen Seiten ist je ungefähr ein Viertel der Cylinderwand fortgenommen, so dass man bequem zum innern Raum gelangen kann, in welchem das eigentliche Magnetgehäuse sich befindet. Dasselbe besteht aus zwei horizontalen Glasröhren g mit Buchsbaumholzfassungen an ihren Enden, auf welche an den äussern Enden planparallele Glasplatten mit Holzringen f aufgepresst werden, während sie an den innern breitern Enden flach zusammenstossen und dadurch in dieser relativen Lage erhalten werden, dass in konische Vertiefungen rings um die vertikalen Ausbohrungen oben und unten die Ränder von zugeschärften Röhren i eingeschoben werden, von welchen die untere auf einer in die untere Basis des Cylinders T eingeschraubten Röhre k gleitet und durch eine Klemme fixirt werden kann, die obere aber auf dem engern, nach unten vorstehenden Fortsatz l der metallenen Suspensionsröhre U sich verschieben lässt. Dieses Suspensionsrohr U ist 60 cm. lang, auf die obere Fläche des Cylinders T mit Ansatz aufgeschraubt und trägt am obern Ende den durch drei seitliche Schrauben s centrirbaren Torsionskopf V mit Theilung von 6 zu 6° auf der Trommel t, mit der Mutter p und Schraube q zur Hebung oder Senkung der Aufhängungsöse für den Coconfaden. Am untern Ende des Suspensionsrohrs ist in seine Wand eine Schraube eingesetzt, welche durch einen Schlitz in der am Coconfaden hängenden Suspensionsvorrichtung für den Magnet durchgeht und beim Nichtgebrauch sowie beim Aus- und Einhängen der Magnete die Tordirung dieses Fadens verhüten soll. Diese Suspensionsvorrichtung, die auf Tafel I in natürlicher Grösse besonders dargestellt ist, ver-

dient als sehr zweckmässig eine allgemeine Beobachtung. An der länglichen Oese v sitzt oben eine aufgeschlitzte konische Schraube w, in deren fein durchbohrtem Centrum der Suspensionsfaden mit der Mutter x geklemmt wird. Unten an der Oese ist der Cylinder y angelöthet, der am untern Ende eine Bohrung mit Schlitz bei γ und gegenüber diesem eine bei α angeschraubte Feder z hat. In die Bohrung lässt sich der passende Stift δ des Magnets so einschieben, dass das Stiftchen ζ in den Schlitz γ eingreift, und die Fixirung beider geschieht dann dadurch, dass in die Rinne ε am Stift eine von der Feder z getragene Schraube β mit ihrer konischen Spitze einfällt.

In dieser Nebenfigur stellt νν zugleich den kurzen abzulenkenden Magnet für die Beobachtungen nach der Gauss'schen Methode dar, wobei aus dem Durchschnitt gleich die Spiegelbefestigung in allen Magneten ersichtlich ist. In der Höhlung des Magnets ist nämlich vermittelst eines Schlüssels und des Bajonettschlusses σ ein Ring verschiebbar, auf dessen Grundfläche der Planspiegel μ festgeklebt ist.

Von den Magnetgehäusen aus Glas und Holz sind zwei vorhanden, ein engeres (das in der Figur dargestellte) für die abzulenkenden Magnete, in welches eventuell auch noch eisenfreie Kupferringe zur Dämpfung einzuschieben sind, und ein viel weiteres für die Schwingungsbeobachtungen an den grössern Ablenkungsmagneten. Dasselbe ist so gross, dass unterhalb des in der Axe der Glasröhre befindlichen Magnets noch der an ihn anzuschraubende, massive cylindrische Stab von 16 mm. Durchmesser und 100 mm. Länge für die Bestimmung des Trägheitsmoments bequem Platz hat.

Von ablenkenden resp. Schwingungsmagneten sind zwei, von 16 mm. äusserem und 10 mm. innerem Durchmesser sowie 80 mm. Länge vorhanden. Sie haben, zum Einschrauben kürzerer oder längerer Stifte sowie des obigen Cylinders, oben und unten in ihrer Mitte Schraubenlöcher. Von den kürzern, unifilar aufzuhängenden Magneten für die Ablenkungen ist der eine nach der Nebenfigur in Tafel I gleich dick wie die obigen Magnete, aber bloss gemäss den Anforderungen der Theorie S. 9: 37,4 mm. lang gemacht worden, während der andere nach S. 10 und 11 bei einer Länge von 64,7 mm. einen äussern Durchmesser von 13,0 mm. und einen innern von 8,2 mm. erhielt. Selbstverständlich sind für alle diese Magnete gleich schwere Torsionsstäbe von Messing vorhanden.

Für die Aufhängung des Magnets mit Messingstab für Bestimmung des Trägheitsmoments ist eine zweite Suspensionsröhre U mit entsprechend stärkerem Coconfaden und einem identischen Suspensionsbügel an seinem untern Ende angefertigt worden.

Das Fernrohr J zur Ablesung des Magnetstandes hat im Focus seines achromatischen Objectivs von 282 mm. Brennweite eine mit den Schrauben e im Ring r justirbare Glasplatte, auf welcher ausser zwei, in ihrer Mitte sich rechtwinklig kreuzenden Strichen noch etwas unterhalb des horizontalen Strichs eine feine Theilung über die ganze Platte hin gezogen und etwas oberhalb desselben in der Mitte ein kleines rechtwinkliges Glasprisma von 2,5 mm. Kathetenseite aufgeklebt ist, welches das vom Spiegel h durch eine Oeffnung o in der Ringwand r vom Himmel einfallende Licht dem Objectiv zuwirft. Nach der Reflexion am Magnet-

spiegel fällt dies Licht auf das Fernrohr-Objectiv und die Glasplatte in seinem Focus zurück und erscheint dort dem durch das Ocular q beobachtenden Auge als helles Quadrat von 2,5 mm. Seite mit dunkelm vertikalem Strich in der Mitte, der bei Coincidenz der optischen Axe des Fernrohrs und der Spiegelnormale mit dem Mittelstrich der Theilung zusammenfällt, über welche sich dann auch das helle Quadrat projicirt. Ein Theil der linearen Theilung entspricht einem Centrumswinkel von 2 Minuten resp. also einer Drehung des Magnetspiegels um 1′. Die Vergrösserung aber des Fernrohrs ist so stark, dass man 0,1 Scalentheil resp. also 6″ Drehung des Magnetspiegels noch deutlich erkennen kann.

Soll das Instrument für die Messungen nach der neuen Bifilar-Methode benutzt werden, so wird der Cylinder T mit der unifilaren Suspension nach Lösung der ihn fixirenden Schrauben von der Alhidade abgehoben und an seine Stelle der ebenfalls genau passende Cylinder AA Tafel II aufgesetzt und entsprechend fixirt. Die Deckplatte dieses Cylinders bildet zugleich die Büchse des hohlen Zapfens aa, auf welchem der Halter B der beiden Mikroskope CC', sowie weiterhin das Suspensionsrohr D sitzt. Vermittelst des Klemmringes b und der Mikrometerschraube c wird die Drehung und feinere Einstellung des Mikroskopträgers und damit also auch der Suspensionsröhre um die Vertikalaxe unabhängig von dem feststehenden Cylinder A resp. der Kreisalhidade bewirkt.

Die Mikroskope sind nach Lösung der Schrauben dd' vertikal verschiebbar, während die Schrauben ee die Justirung ihrer Neigung gestatten. Die Schrauben ff' klemmen die Objectiv-Auszüge der Mikroskope behufs Justirung ihrer Vergrösserung. In dieser Beziehung sind beide so justirt, dass eine Umdrehung der Mikrometerschrauben gg' auf der Kreistheilung 1′ entspricht und also ein Theil der in zwölf Theile eingetheilten Trommel h je 5″ gleich kommt; diese Theile selbst sind aber noch so gross, dass einzelne Secunden, ja halbe Secunden, leicht geschätzt werden könnten, wenn die Einstellung des Kreuzfadens auf die Theilstriche des Kreises so sicher wäre. Dies ist indessen bei weitem nicht der Fall, indem die Beleuchtung des letztern durch die Spiegel ii' bei den Objectiven der Mikroskope im Allgemeinen nicht bloss an Helligkeit, sondern auch an Gleichförmigkeit bei verschiedener Lage der Mikroskope zu den Fenstern des Beobachtungslocals zu wünschen übrig lässt. Die Sicherheit der Einstellung erreicht deshalb höchstens $\pm$ 5″.

Die ebenfalls 600 mm. lange messingene Suspensionsröhre D trägt zunächst an ihrem obern Ende zwei aufeinander senkrecht stehende, in der Mitte durchbrochene Schlitten, welche durch die beiden Schrauben E und F bewegt werden und zur Centrirung des auf dem obern Schlitten befestigten Torsionskopfes H, der von 2 zu 2° getheilt ist, dienen. Die Röhre G, welche diesen Torsionskopf trägt, ist aus gleich näher zu erörternden Gründen mit diametral gegenüberstehenden breiten Oeffnungen versehen, welche bei der Beobachtung zur Verhütung von Luftzug durch die von oben überzuschiebende Hülse L verschlossen werden. Mit der Schraubenmutter K wird nämlich ein im Centrum des Torsionskopfes befindlicher cylindrischer, durch eine Nut und eingreifende Nase am Drehen verhinderter, oben in die Schraube S auslaufender Stift gehoben und gesenkt. Dieser Stift k (siehe die

Nebenfigur, welche die Röhre G ohne die Hülse L zeigt) trägt am untern Ende die Hülse l der Rolle r und weiterhin durch Schrauben m an dieser befestigt eine Platte, an deren Ränder die beiden Enden s und s' des über die Rolle laufenden und nach unten gehenden Coconfadens durch zwei Lamellen mit Schrauben angeklemmt werden können. Um die Verschiebungen, welche diese obere Verbindung der beiden Faden durch Drehen der Mutter K erfährt, genau messen zu können, ist der Stift k entsprechend der Schraubenganghöhe von S getheilt und ausserdem die an der Mutter sitzende Trommel J in 100 Theile getheilt, so dass man 0,01 Umdrehungen ablesen und mit der Lupe 0,001 schätzen kann.

Zur Suspension des Magnets im Hohlraum des Cylinders A sind die beiden Faden ss' in Einkerbungen zweier Cylinderchen xx' (siehe auch die Nebenfigur dieser Magnetsuspension in natürlicher Grösse) festgeknüpft, welche vermittelst dünnerer Zapfen in die beiden Haken tt' am Magnetschiffchen eingehängt werden. Die Faden legen sich dann oberhalb an die Seitenflächen der auf die beiden Stützen qq' aufgeschraubten Platte p an, gegen welche sie, wie oben, durch Lamellen π angepresst werden können. In ein Loch in der Mitte dieser Platte p lässt sich das Gewichtchen ω mit dem Stift χ an seinem untern Ende zwischen den beiden Faden einsetzen, das zur Ermittlung des Elasticitätscoefficienten bestimmt ist. Das Magnetschiffchen selbst besteht aus den beiden y-förmigen Bügeln y und y', die am Lineal N angeschraubt und unten nochmals durch eine Lamelle z verbunden sind. Der Magnet M sowie der messingene Torsionsstab ganz gleicher Grösse und Construction erhalten ihre bestimmte Lage im Bügel der Länge nach dadurch, dass sie in gleichen Abständen vom Centrum zwei Rinnen besitzen, von welchen in die eine oder andere je nach der Stellung des Stabes das innen schneidenförmig zugeschärfte Lager y' einfällt, während auf dem glatten Lager y die Cylinderwand sich auflegt. Für die Bifilar-Beobachtung sind die Magnete nur mit kurzen Stiften o zum Anfassen und zur Bezeichnung ihrer Lage versehen. Endlich ist noch des im gabelförmigen Stück qq' nahe der Platte p zwischen zwei seitlichen Schräubchen ausgespannten feinen Platindrahts $\sigma\sigma$ zu erwähnen, der zur Fixirung der Höhe der Magnete und zur jeweiligen Messung der Länge der Aufhängefaden dient. Derselbe wird vermittelst des seitlich am Cylinder A befestigten Mikroskops P mit totalreflectirendem Prisma Q vor seinem Objectiv beobachtet und, nach erfolgter erster Justirung beider, durch Drehen der Mutter K an der obern Suspension jeweilen so eingestellt, dass er in die Mitte der beiden Horizontalfaden im Mikroskop zu liegen kommt.

Nicht unwichtig für die Justirung und den bequemen Gebrauch des Instruments ist der Stuhl R unterhalb des Magnetschiffchens, der zu Arretirung und zur Beruhigung dient. Er besteht aus der Säule R, die auf einem in die Basis des Cylinders A einzuschiebenden Schlitten steht, vertikal durchbohrt ist und damit einem runden Messingstab S als Führung dient. Auf dem obern Ende des letztern ist die Platte T befestigt, welche einerseits ihrer Mitte gegenüber die oben konisch endende Schraube α, anderseits eine Schraube γ trägt, um welche als horizontale Axe die Lamelle β drehbar ist. Letztere wird in ihrer Lage durch zwei Schrauben δ fixirt, die in seitliche Nasen derselben eingeschraubt sind und mit ihren

stumpfen Spitzen gegen die Enden der Platte T stossen. Dies gestattet eine derartige Justirung der Arretirungspunkte, dass das Magnetschiffchen ohne Aenderung seiner richtigen Lage bei der Hebung der Platte T von der Lamelle β an den beiden Bügeln y und y', und von der Schraube α an der Lamelle z gestützt wird. Damit dabei auch keine Drehung des Schiffchens erfolge, ist es nöthig, die Platte T auch noch im Horizont unbeschadet ihrer vertikalen Beweglichkeit justiren zu können. Hiezu dient der an einem vordern Fortsatz der Platte sitzende vertikale Stift ε, der sich zwischen zwei an der Säule R sitzenden Schrauben ζ und ζ' mit Contremuttern η bewegt. Zur Hebung endlich der Platte T behufs Arretirung des Magnetschiffchens greift das längere Ende des Winkelhebels ϑ unter das untere Ende des Stabes S, während auf den kürzern Arm die in der Seitenwand des Cylinders sitzende Schraube U einwirkt. Die kleine Schraube λ endlich dient zur Limitirung der Aufwärtsbewegung des Tisches T.

In den Ausschnitt des Cylinders A sind zur Completirung des Gehäuses zunächst zwei Ebenholzplatten $V\,V'$ beiderseits eingeschoben, welche durch die Schrauben $\mu\,\mu'$ fixirt werden; auf Nasen an diesen stützen sich sodann zwei entsprechende Deckplatten W oben und unten, an welchen anliegend in Rinnen der Platten V und V' vorn und hinten zum letzten Abschluss nach aussen Spiegelglasplatten einzuschieben sind. Die dem Fernrohr-Objectiv zugekehrte Glasplatte hat vor demselben ein entsprechend grosses rundes Loch, welches durch eine aufgekittete Planparallel-Glasplatte verschlossen ist. In das so gebildete Gehäuse für den Magneten ragt seitlich eine nach innen geschlossene Messinghülse X hinein, in welche das zur Bestimmung der Temperatur des Magnets dienende Thermometer Y (in $^1/_5{}^\circ$ getheilt) eingesteckt wird. Zwei seitliche Schieber $z\,z'$ endlich verschliessen zwei runde Oeffnungen von 17 mm. Durchmesser in den Seitenwänden des Cylinders A gegenüber dem Magnet im Innern. Auch der Cylinder T für unifilare Suspension hat solche Oeffnungen, deren Bedeutung aus der Erörterung der Justirung erhellen wird.

Der Holzfuss OO, der auch mit in der Figur fortgelassenen Stellschrauben versehen ist, dient zur Aufstellung je desjenigen der Cylinder T oder A, welcher augenblicklich nicht auf dem Apparat gebraucht wird.

Der Magnet, welcher bei der Bifilar-Methode als Hülfsmagnet dient, hat die auf S. 11 und 14 für den zweiten Magnet angegebnen Dimensionen, d. h. er ist 64,7 mm. lang, hat einen äussern Durchmesser von 13,0 und einen innern von 8,2 mm. (Es setzt dies also hier die Anwendung bloss der zweiten Methode zur Bestimmung resp. Elimination der Grössen p, q und r voraus). Um ihm dasselbe Gewicht wie das des Hauptmagneten und für die Einlegung in das Schiffchen denselben äussern Durchmesser zu geben, ist er in eine passende Messingröhre von 16 mm. äusserm Durchmesser eingeschoben, die an den betreffenden Stellen ebenfalls Rinnen besitzt. Die Hauptmagnete sind die oben S. 14 bereits als Schwingungsmagnete beschriebenen.

Zum Apparat gehört noch ein Niveau, das sich nach Entfernung des Cylinders T (Tafel I) auf die Horizontalaxe des Fernrohrs zur Nivellirung des ganzen Instruments auf-

setzen lässt, sodann ein ein Meter langer cylindrischer getheilter Messing-Maassstab von 16 mm. Durchmesser, welcher sich Dank den seitlichen Löchern in den Cylindern T und A durch beide Schienen durchschieben lässt und zur Controlle der Strich-Entfernungen auf ihnen dient, endlich zwei Messingzangen zum Anfassen und Einlegen der Magnete.

Sämmtliche Magnete sind, da die von Herrn Edelmann gelieferten nicht befriedigend ausgefallen waren, in der Werkstätte des physikalischen Central-Observatoriums von Herrn Mechanikus Freiberg aus demselben Stück Wolfram-Stahl (Fabrik der Gebrüder Böhler, Special mit goldener Marke «sehr hart») mit besonderer Sorgfalt angefertigt und durch Erhitzung zur Dunkelroth-Gluth und Ablöschen in Kalkwasser von 20° gehärtet worden. Die Magnetisirung derselben erfolgte ebenfalls übereinstimmend nach der von Strouhal und Barus angegebenen Methode, indem sie durch Einschalten zwischen die Pole eines grossen Electromagnets magnetisirt, dann zuerst während 24 Stunden und nach neuer Magnetisirung nochmals während 12 Stunden einer Temperatur von 100° ausgesetzt wurden. Für diese Erwärmung der Magnete habe ich, um sie dabei nicht den Wasserdämpfen und damit dem Rosten auszusetzen, besondere Wasserbäder aus Messing construiren lassen. Der Magnet wird da in eine horizontale Messingröhre, welche durch das Wasserbad ganz hindurch geht, eingelegt und diese Röhre dann beiderseits durch Gefässe verschlossen, in welchen der aus dem Wasserbad sich entwickelnde Dampf auf seinem Weg zum Condensator circulirt.

3. Justirung des Instruments und Bestimmung seiner Constanten.

Die Untersuchung aller Theile des Instruments am Unifilar-Magnetometer ergab vollständige Eisenfreiheit derselben mit einziger Ausnahme der Vertikalaxe aus Hartguss, die eine Ablenkung von 12″ in 100 mm. Distanz vom Magnetpol bewirkte. Da dieselbe bei der Beobachtung nicht näher an den Magnet im Gehäuse herantritt und vertikal unter der Mitte desselben sich befindet, so kann dieser schwache Eisengehalt offenbar weder auf Bestimmungen der Declination, noch auf solche der Horizontal-Intensität mit dem Instrument einen merklichen Einfluss haben.

Nachdem das Instrument im westlichen Saal des eisenfreien Pavillons für absolute Messungen aufgestellt und nivellirt war — der Parswerth seines Niveaus beträgt 6″,7 —, wurde zunächst die Ablesung am Höhenkreis desselben für die Horizontalstellung der Fernrohr-Axe bestimmt. Als Mire für das vorher durch eine Sternbeobachtung auf die Unendlichkeit eingestellte Fernrohr wurde hiebei ein ebenfalls auf die Unendlichkeit eingestelltes Fernrohr benutzt, das an einem kathetometrischen Gestell vertikal zu verschieben und auch zu neigen war.

Am 3. Juni 1884 wurde nach Justirung des Vertikalkreises und des Verniers mit Durchschlagen des Fernrohrs und Umdrehung um die Vertikal-Axe um 180° gefunden, dass die Ablesung von

180°0′ resp. 360°0′

am Höhenkreis genau der Horizontallage der optischen Axe des Fernrohrs entspreche.

Eine Wiederholung dieser Bestimmung am 10. Juli 1884 bestätigte bis auf $\pm$ 1′ das vorstehende Resultat. Vorher war durch die gleiche Operation auch die Collimation der optischen Axe bestimmt und gleich 3′52″ gefunden worden, worauf sie durch Justirung der Strichplatte auf $\pm$ 0,5 reducirt wurde.

Am 30. Mai 1885 fand eine weitere Wiederholung dieser Messungen statt, wobei ich bis auf $\pm$ 0,5 die Ablesung 180°0′ und 360°0′ als der Horizontalstellung der Fernrohr-Axe entsprechend fand.

Als Collimationsfehler der optischen Axe ergab sich diesmal der Werth:

$$1'20'',$$

der nicht weiter corrigirt wurde.

Es kommt nun weiter darauf an, zu erfahren, welche Stellung bei der so gefundenen Horizontallage der optischen Axe das in einem Spiegel reflectirte Bild der Prismafläche zur Theilung auf der Glasplatte annehme, wenn dieser Spiegel vertikal ist, um darnach dann die Vertikalität der Magnetspiegel bei den weiteren Untersuchungen beurtheilen zu können. Zu dem Ende wurde bei der so fixirten Lage des Fernrohrs auf einem Holztischchen im Centrum des Instruments ein Planspiegel aufgestellt und derselbe mit Stellschrauben so lange justirt, bis er genau das, durch ein vor das Ocular gehaltenes Glimmerblättchen beleuchtete Fadenkreuz mit seinem Spiegelbild zur Deckung brachte. Die darauf erfolgende Beleuchtung des Prismas von oben zeigte, dass das ihm entsprechende helle Quadrat im Gesichtsfeld des horizontalen Fernrohrs mit seinem obern Rand ganz wenig über das untere Ende der Striche der linearen Theilung übergreife.

Da die Gestalt des Arretirungsstuhls nicht eine genügende Fixirung des Magnetschiffchens gestattet, so wurde zur Justirung der Spiegel in den Magneten auf das erwähnte Tischchen im Centrum des Instruments ein γ-förmiges Doppellager für diese befestigt, die Magnete und der Torsionsstab mit Spiegel für das Bifilar γ darauf gelegt und durch Drehen des Spiegels in der Höhlung dieser Stäbe nach und nach erzielt, dass bei den beiden Stellungen, wo der Stift das eine Mal vertikal nach oben, das andere Mal vertikal nach unten gerichtet ist, das reflectirte Fadenbild dieselbe Stellung im Gesichtsfeld des Fernrohrs einnahm, also die Spiegelnormale in die Vertikalebene durch die geometrische Axe des Cylinders fiel. Der Unterschied der Höhenkreis-Ablesung, wenn in der einen und andern Stiftlage die Spiegelnormale auch im horizontalen Sinn mit der optischen Axe zur Coïncidenz gebracht wurde, ergab den doppelten Winkel zwischen Spiegelnormale und geometrischer Axe der Stäbe, und daraus ergaben sich dann folgende Einstellungen am Höhenkreis, um bei der Stiftlage nach oben aus der erwähnten Normalstellung des Spiegelbildes im Gesichtsfeld des Fernrohrs auf die Horizontalität der geometrischen Axe der Stäbe schliessen zu können.

	Einstellung am Höhenkreis.
Torsionsstab für Bifilar	179°40′
Grosser Magnet mit •	180 12
Grosser Magnet mit ••	180 16
Hülfsmagnet für Bifilar	180 15
Abzulenkender Magnet für Unifilar, gross	180 18
» » » » klein	180 5

Nachdem hierauf die Stäbe in das Schiffchen gelegt waren resp. die letztern ihre unifilare Aufhängung erhalten hatten, wurden die Schwerpunkte derselben durch axiale Verschiebung der Spiegel ohne Drehung mit Benutzung der eben ermittelten Einstellungen so justirt, dass ihre geometrischen Axen horizontal lagen. Endlich ergaben sich noch durch Umdrehen der freischwebenden Magnete um 180° in ihren Fassungen und durch Messung ihrer Ablenkung hiebei folgende Winkel zwischen den magnetischen und geometrischen Axen bei der Stiftlage nach oben:

Magnet mit •	2′0
Magnet mit ••	3,0
Hülfsmagnet	0,5
Abzulenkender Magnet für Unifilar, gross	0,5
» » » » klein	5,0

Diese letzterwähnten Justirungen sind von mir an den erst im Winter 1884/85 von Herrn Freiberg angefertigten definitiven Magneten vom 5. bis 16. Juni 1885 ausgeführt worden.

Centrirung der Magnete. Zur Centrirung der Magnete wurde folgendes Verfahren eingeschlagen. Der erwähnte cylindrische Stab von 1 Meter Länge wurde in die Röhre der Ablenkungsschiene eingeschoben, so dass die Striche 0 und 1000 mm. desselben mit den Strichen 500 der Ablenkungsschienen beiderseits coïncidirten und darauf in der Mitte des erwähnten Tischchens eine feine Spitze so aufgestellt, dass sie den Stab beim Theilstrich 500 beinahe berührte. Nach Fortnahme des Stabes und Aufstellung eines Senkels über dieser Spitze konnte man dann durch Drehung der Alhidade erkennen, ob die Spitze genau in die Drehungsaxe des Kreises falle. Es war dies mit einer Genauigkeit von mindestens $^1/_{10}$ mm. wirklich der Fall, so dass also in der That bis auf diese Grenze die Theilstriche der Ablenkungsschiene beiderseits gleich weit vom Centrum des Kreises abstehen und die Axe der Schienenröhren mit derselben Sicherheit durch die verlängerte Drehungsaxe des Instruments geht. Nachdem dies so constatirt war, erfolgte nachher die Centrirung der Magnete durch Verschiebung ihrer obern Suspension einfach in der Art, dass der in die Ablenkungsschiene abwechselnd von der einen und andern Seite eingeschobene cylindrische Stab bei der Be-

rührung des Magnets mit seinem spitzen Ende die Mitte desselben (der Länge nach) traf und dabei mit einem bestimmten Strich auf gleichwerthige Scalentheile der Schienen beiderseits einstand.

Diese Centrirung darf aber auch durch eine Umdrehung der Suspensionsröhre mit dem Mikroskoparm um die betreffende obere Axe nicht aufgehoben werden, d. h. es soll diese Axe in die Verlängerung der untern Drehungsaxe der Kreis-Alhidade fallen. Dies ist bei unserm Instrumente mit einer grossen Vollkommenheit erzielt.

Zur Aufhängung der Magnete sind ohne Ausnahme Coconfaden von 140 gr. Tragkraft benutzt worden — in Betreff der unifilaren Aufhängung ist hiebei nichts weiteres zu bemerken. Die Einrichtung der bifilaren Aufhängung geschah in folgender Weise: der Faden von passender Länge wurde mit seinen Enden an die Fadencylinderchen angeknüpft, dann nach Entfernung der Klemmlamellen bei der obern Suspension über die Rolle gelegt und im Gehäuse unten nach Entfernung des Stuhls aus demselben an jedes Fadencylinderchen ein Bleistab angehängt, dessen Gewicht gleich dem halben Gewicht des Magnets sammt seinem Schiffchen war. Nachdem hierauf während einiger Tage ruhigen Hängens die Detorsion der Faden erfolgt war, wurden die Cylinderchen von den Bleigewichten abgenommen und ohne weitere Drehung in ihre Haken an den Magnetschiffchen eingehängt, bei welchen letzteren ebenfalls vorher die Klemmlamellen von der Platte P entfernt worden waren. Diese Lamellen wurden jetzt wieder aufgeschraubt und so die Faden unten an die Platte p angeklemmt. Erst nachdem wieder während einiger Tage ruhigen Hängens des Magnetschiffchens mit dem Torsionsstab die Spannung der beiden Faden sich ganz ausgeglichen hatte, erfolgte auch bei der obern Suspension das Anklemmen der Faden an die Platte m. Darauf wurde der im Schiffchen liegende Torsionsstab oder der Hülfsmagnet durch Heben oder Senken der obern Suspension mittelst der Schraube K auf gleiche Höhe mit dem ablenkenden Magnet resp. der Axe der Schienenröhre eingestellt, was beim Visiren durch die letztere oder auch durch Einschieben des axial zugespitzten cylindrischen Massstabs in jene bis zum Berühren mit dem Magnet leicht mit einer Sicherheit von $\pm$ 0,1 mm. erzielt werden konnte. Dabei erfolgte zugleich die Justirung des Mikroskops P, so dass bei der vorigen Stellung des Magnetschiffchens der Platindraht desselben genau den Zwischenraum zwischen den beiden Parallelfaden in jenem halbirte. Bei der hiedurch fixirten Normalstellung des Magnetschiffchens wird dann in der Folge stets die gleiche Höhe der Magnete garantirt sein, wenigstens so lange als keine Verrückung des Mikroskops P erfolgt.

Vor der definitiven Einrichtung der bifilaren Aufhängung, war die Distanz der Fäden oben und unten dadurch bestimmt worden, dass man nach einer ersten Aufhängung hart an den Platten m und p die Faden durchschnitt, diese Platten von ihren Trägern abschraubte und sie im Längencomparator auf das Normalmeter hinlegte, so dass die Verbindungslinie der beiden Faden auf jeder parallel der Längsaxe des Meters war. Indem man das eine Mikrometer-Mikroskop des Comparators bei der einen oder andern Platte über der einen Trennungslinie zwischen ihr und der den Faden klemmenden Lamelle aufstellte, das andere aber

über der Millimeter-Theilung des Meters placirte, dann das ganze Meter auf seiner Unterlage der Länge nach so lange verschob, bis unter dem Faden des ersten Mikroskops die zweite Klemmstelle der Fadenplatte einstand, erhielt man aus der Differenz der Ablesungen am Maassstab mit dem zweiten Mikroskop offenbar die gesuchte Länge. Die Verschiebung des auf Rollen ruhenden Meters erfolgte hiebei vermittelst einer gegen sein Ende stossenden Mikrometerschraube. Diese Messungen sind vom 5.—8. Juli 1884 durch 3 verschiedene Beobachter zur Vermeidung persönlicher Fehler insbesondere bei der Einstellung auf die Fadenplatten ausgeführt worden und haben im Mittel aus je 20 einzelnen Vergleichungen nach Reduction der Maassstab- und Mikrometertheile auf wahre Millimeter folgendes ergeben:

Beobachter.	$d_0 = 8{,}9926$ mm. —	$d'_0 = 8{,}9926$ mm. —
Trautvetter ...	— 0,0904 ± 0,0014	— 0,0890 ± 0,0015
Leyst.....	0,0936 ± 0,0015	0,0879 ± 0,0023
Wild	0,0932 ± 0,0019	0,0894 ± 0,0020
Mittel	— 0,0924 ± 0,0013	— 0,0888 ± 0,0006

also:

$$d_0 = 8{,}9002 \text{ mm.} \qquad d'_0 = 8{,}9038 \text{ mm.},$$

wo der Fehler der Resultate jedenfalls höchstens 0,001 mm. ist.

Für Ausmessung der Länge l_0 der Coconfaden wurde nach Entfernung der Hülse L bei der obern Suspension und der Gehäusetheile unten mit einem Kathetometer der Abstand der Fadenplatten m und p durch directe Einstellung der Mikrometerfaden auf die Ränder der Platten gemessen, nachdem man jeweilen den Platinfaden des Magnetschiffchens auf die erwähnte Normalstellung gebracht und das Mikrometer bei der obern Suspension abgelesen hatte. Hierbei wurde die Distanz der Fadenplatten nicht an der Theilung des Cathetometers, sondern an einem, ebenso wie das Kathetometer von Turettini in Genf angefertigten Messingmeter gemessen, welches in gleicher Entfernung wie sie vertikal neben dem Instrument aufgestellt war. (Siehe auch die erwähnte Abhandlung von mir: «Ueber die Genauigkeit absoluter Bestimmung etc.» Seite 55). Meine Messungen vom 12. Juli 1884 ergaben so nach Reduction aller Grössen auf wahre Millimeter:

$$l_0 = 739{,}34 + (x - 10{,}000)\ 0{,}660 \pm 0{,}01 \text{ mm.},$$

wo x die Ablesung am Mikrometer der obern Suspension bedeutet, so dass also eine Umdrehung dieser Mikrometerschraube gleich 0,660 mm. ist. Eine weitere Messung am 18. Juni 1885 ergab mir dagegen:

$$l_0 = 739{,}46 + (x - 10{,}000)\ 0{,}660 \pm 0{,}01 \text{ mm.}$$

Die Aenderung des Werthes von l_0 um $^1/_{10}$ mm. resp. das 10-fache des Beobachtungsfehlers ist wahrscheinlich einer kleinen Verrückung des Mikroscops P in der Zwischenzeit beizu-

messen. Da bei jeder einzelnen Messung nach der vorstehenden Formel durch Einstellung des Mikrometers am obern Ende die Länge des Coconfadens gewissermaassen mit einem Messingmaassstab neu ausgemessen wird und zwar mit der Genauigkeit von im Min. 0,01 Umdrehung der Mikrometerschraube resp. 0,006 mm., so ist in unseren allgemeinen Formeln für λ nicht der Ausdehnungscoefficient der Seide, sondern der des Messings zu setzen und es wird daher in unserm speciellen Fall in der That, wie wir S. 8 voraussetzten, sein:

$$\delta + \delta' - \lambda = m,$$

wo m den Ausdehnungscoefficient des Messings darstellt.

Verification der Schienentheilung. Zur Verification der Theilung der beiden Schienenröhren wurden dieselben auf den cylindrischen Maassstab aufgeschoben, in dem Comparator parallel zum Normalmeter hingelegt und in der üblichen Weise durch transversale Verschiebung des Wagens unter den feststehenden Mikrometer-Mikroskopen die einzelnen Strichdistanzen der Schienen mit entsprechenden Theilen des verificirten Normalmeters verglichen.

Bei einer ersten Art der Messung am 14. August 1884 wurden die Schienen auf dem cylindrischen Maassstabe so gestellt, dass die Distanz der mit 500 mm. bezeichneten Striche auf Schiene I und II nahezu 1 m. betrug und dieselbe dann mit dem ganzen Normalmeter (0—1000) verglichen; darauf verglich man mit dem Theil (50—950) des Meters die Distanz der mit 450 mm. bezeichneten Striche auf beiden Schienen ohne Verrückung der letzteren. Die Differenz dieser beiden Messungen ergibt offenbar die Summe der Abstände (450—500) auf beiden Schienen. Ich fand so im Mittel aus je 5 completen Vergleichungen:

$$(500—450)^{\mathrm{I}} + (450—500)^{\mathrm{II}} = 99{,}926 \pm 0{,}001 \text{ mm.}$$

Am 15. August führte ich die Messung in einer andern Art aus, indem ich je die Längen (300—450) und 300—500) jeder Schiene für sich mit den Intervallen (50—200) und (0—200) sowie (800—950) und (800—1000) des Normalmeters verglich. Das Mittel von je 5 vollständigen Vergleichungen ergab so:

$$\begin{aligned}
(300—450)^{\mathrm{I}} &= 149{,}922 \text{ wahre Millimeter.} \\
(300—500)^{\mathrm{I}} &= 199{,}882 \quad » \quad » \\
(300—450)^{\mathrm{II}} &= 149{,}937 \quad » \quad » \\
(300—500)^{\mathrm{II}} &= 199{,}904 \quad » \quad »
\end{aligned}$$

Hieraus folgt:

$$\begin{aligned}
(450—500)^{\mathrm{I}} &= 49{,}960 \pm 0{,}001 \text{ mm.} \\
(450—500)^{\mathrm{II}} &= 49{,}967 \pm 0{,}001 \quad »
\end{aligned}$$

und somit:

$$(500—450)^{\mathrm{I}} + (450—500)^{\mathrm{II}} = 99{,}927 \pm 0{,}001 \text{ mm.}$$

Die Resultate der beiderlei Messungen stimmen also innerhalb der Fehlergrenze der Beobachtungen überein.

Vorher schon war auch die Distanz (0—1000) auf dem cylindrischen Maassstab mit dem Normalmeter verglichen worden.

Aus je 10 Vergleichungen fand man so am 18. Juli 1884:

Beobachter.	(0—1000) des cylindr. Stabes =
Leyst.....	999,596 ± 0,0017 mm.
Wild.....	999,593 ± 0,0015 »

also im Mittel:

(0—1000) Cylinder-Maassstab = 999,594 mm.

Am 11. Juli 1884 hatte ich aber mit dieser Distanz auf dem cylindrischen Maassstab die Entfernung der Striche 500 beiderseits auf den am Apparat angesetzten und festgeklemmten Schienen nach Einschiebung des erstern in ihre Höhlung vermittelst eines je vor den entsprechenden, nahe coïncidirenden Strichen aufgestellten Mikrometer-Mikroskops gemessen und im Mittel aus 10 Vergleichungen erhalten:

$$(500^{I}—500^{II}) = (0—1000) \text{ Cylinder-Maassstab} + 0{,}017 \pm 0{,}009 \text{ mm.}$$

Eine Wiederholung dieser letzteren Messung am 17. Juni 1885 ergab:

$$(500^{I}—500^{II}) = (0—1000) \text{ Cylinder-Maassstab} + 0{,}016 \pm 0{,}011 \text{ mm.}$$

Demgemäss erhalten wir schliesslich für die Distanz von entsprechenden Strichen auf den angeschobenen Schienen:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{1}{2}(500^{I}—500^{II}) = 499{,}805 \text{ mm.} \\ \frac{1}{2}(450^{I}—450^{II}) = 449{,}842 \text{ mm.} \end{array}\right\} \text{bei } 0°,$$

welche Zahlen mindestens eine Sicherheit von ±0,01 mm. darbieten.

Die von der Theorie geforderte senkrechte Stellung der Ablenkungsschiene resp. der auf sie gelegten Magnete zur optischen Axe des Fernrohrs ist offenbar, wie sich aus der Beschreibung des Instrumentes ergibt, ohne Weiteres schon durch seine Construction gegeben. Von der Erfüllung dieser Bedingung habe ich mich übrigens am fertigen Instrument auch noch dadurch überzeugt, dass ich abwechselnd nach einem fernen Gegenstand durch die Ablenkungsröhre hindurch und mit dem Fernrohr visirte und dabei jedesmal den Horizontalkreis ablas. Hieraus ergab sich, dass zu dem Ende in der That eine Drehung von 90° ± 5′ nothwendig sei. Um ferner sicher zu sein, dass die auf die Ablenkungsschiene gelegten Magnete genügend horizontal seien, wurden auf diese Magnete kleine angeschliffene Niveaux gelegt, später auch reiterförmige Libellen, wobei sich ergab, dass dieselben überall bis auf ± 7′

vorstehende Bedingung erfüllen. Die gleiche Höhe der Axen des ablenkenden und abgelenkten Magnets wird beim Bifilar vor jeder Beobachtung durch die Einstellung des Platindrahtes am Schiffchen auf die Mitte der Parallelfaden im Mikroskop P, wodurch zugleich die Länge l_0 ausgemessen wird, garantirt; der Fehler kann hiebei nicht mehr als 0,01 betragen.

Die beiden Hauptmagnete, der Hülfsmagnet mit seiner Messinghülse und der Torsionsstab wurden sehr nahe (bis auf $\pm$ 2 mgr.) hauptsächlich durch Befeilen der die Spiegel tragenden Messing-Diaphragmen auf gleiches Gewicht gebracht und darauf das Gewicht der beiden Hauptmagnete nach der Borda'schen Methode absolut bestimmt. Ich fand dasselbe übereinstimmend gleich 77,516 gr. durch Wägung auf der Präcisionswaage im physik. Central-Observatorium. Hr. Leyst bestimmte dasselbe zu Anfang des Juli 1885 in Pawlowsk zu 77,515 gr. Für das Gewicht des vergoldeten Magnetschiffchens sammt den beiden Fadencylinderchen fand ich den Werth 34,637 gr., endlich ist das halbe Gewicht des Suspensionsfadens 0,005 gr. Es ist sonach die in unserer Formel vorkommende Masse Q gegeben durch:

$$Q = 11\overset{\text{gr}}{.}2157 \pm 1 \text{ mgr.}$$

Die Beschleunigung der Schwere am Ort der Beobachtung, Pawlowsk, kann gleich dem für St. Petersburg von Hrn. Akademiker Ssawitsch bestimmten Werthe gesetzt werden, nämlich: $g = 9819{,}1$ mm. s., dessen Unsicherheit höchstens $\pm$ 0,2 betragen dürfte. Der Schwere-Unterschied zwischen St. Petersburg und Pawlowsk beträgt nämlich nur 0,26 mm. s. Für den Ausdehnungscoefficient m des Messings wurde der mittlere Werth:

$$m = 0{,}0000180$$

angenommen, von dem die bekannten Extreme dafür nur um $\pm$ 0,0000010 abweichen.

Den Temperaturcoefficienten der 3 Magnete hat ferner Hr. Leyst im October 1885 nach der Formel 6, Seite 8 durch Beobachtung der Torsionswinkel bei zwischen 8 und 28° variirenden Temperaturen am Bifilar selbst bestimmt, wobei er unter Entnahme der gleichzeitigen Horizontal-Intensität vom Magnetograph auch die magnetischen Momente derselben erhielt. Die graphische Darstellung dieser Werthe zeigt, dass die Zunahme des Temperaturcoefficienten bei höheren Temperaturen für alle 3 Magnete eine geringe und dass derselbe bei Temperaturen zwischen 10 und 20° bei allen nahe derselbe ist. Hr. Leyst erhielt nämlich:

Magnetisches Moment.	Temperatur-Coefficient für 10—20°.
• $M'_0 = 13878900$	$\mu' = 0{,}000616$
•• $M''_0 = 13874200$	$\mu'' = 0{,}000695$
$m = 7077500$	$\mu = 0{,}000650$

Man kann also unbedenklich, wie wir auch später noch näher erörtern werden, setzen:

$$\mu' = \mu'' = \mu = 0{,}00065 \pm 0{,}00005.$$

Der Coefficient s der Fadentorsion ist nach der Formel 7 resp. 9 abzuleiten. Bei den bisherigen Versuchen wurde indessen nicht jedesmal, wie es die Formel 9 erheischt, der Elasticitätscoefficient durch Auflegen des erwähnten Uebergewichtchens γ auf das Bifilarschiffchen direct bestimmt, vielmehr leitete ich denselben aus bezüglichen Versuchen am 19. und 29. Juli nach der Formel 8 ein für allemal ab. Aus 60 mikrometrischen Messungen des Durchmessers an verschiedenen Stellen eines von derselben Spule wie der Suspensfaden genommenen Fadenstückes ergab sich für den Halbmesser ρ der Werth:

$$\rho = 0{,}0414 \pm 0{,}0067 \pm 0{,}0006 \text{ m.},$$

wo 0,0067 die mittlere Abweichung der einzelnen Messungen darstellt, welche wegen der variirenden Dicke des Fadens bedeutend grösser ist als die Unsicherheit einer Messung; diese wird eher durch die Grösse 0,0006 i. e. die mittlere Abweichung des Mittels von je 20 Messungen repräsentirt. Das Uebergewicht γ beträgt:

$$\gamma = 2033 \text{ mgr.}$$

Nach der Messung mit der Mikrometerschraube am oberen Ende war nun:

	l_0	v	also ε
19. Juli....	743,5 mm.	0,1384 mm.	$10^9.1{,}016$
29. Juli....	744,5 »	0,1338 »	$10^9.1{,}050$

also im Mittel: $\varepsilon = 10^9.1{,}033 \pm 0{,}016.$

Führen wir diesen Werth, den obigen von ρ, sowie die schon mitgetheilten von Q, d_0 und d'_0 in die Gleichung 7 ein, so ergibt sich schliesslich:

$$s = 0{,}001711.$$

Die Genauigkeit dieses Werthes von s hängt hauptsächlich von der Sicherheit der Bestimmung von ρ ab. Nehmen wir an, die letztere sei in unserm Fall $\pm$ 0,0006, so wird der Fehler von s ungefähr $\pm$ 0,00009 betragen.

Die Constante k unserer Variations-Bifilare in Pawlowsk ist nach den Einleitungen zu den Annalen des physikal. Central-Observatoriums nahe 0,000305 und der genaue dort jeweilen mitgetheilte Werth jedenfalls höchstens mit einem Fehler von $\pm$ 0,000001 behaftet.

4. Einfluss der Fehler auf das Resultat.

Es bleibt uns jetzt noch der Einfluss der Fehler bei den Beobachtungen und bei der Bestimmung der vorstehenden Constanten, so wie der bei den Justirungen des Apparats auf das Endresultat zu untersuchen, wobei wir von folgender für diese Untersuchung geeigneteren Modification der Formel V ausgehen:

$$\left.\begin{aligned} H_1^2 = \frac{2\,Q\,g\,d_0\,d'_0 \sin z' \sin z_m}{l_0 E_0^3 (\sin z'_1 - \sin z'_2)} \Big\{ 1 &+ (\mu + m)\left(\tau' - \frac{\tau'_1 + \tau'_2}{2}\right) + \\ &+ \mu'\left(\frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t'_1 + t'_2}{2}\right) + m\left(\frac{t_1 + t_2}{2} - 3\,\frac{t'_1 + t'_2}{2}\right) + \\ &+ s\left[\frac{z'}{\sin z'} + \frac{1}{2}\left(\frac{z_1}{\sin z_1} + \frac{z_2}{\sin z_2} - \frac{z'_1}{\sin z'_1} - \frac{z'_2}{\sin z'_2}\right)\right] - \\ &- \left(n' - n_1 + \frac{n_2 - n_1}{2}\right) k + x - \mathfrak{Z}\Big\}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \text{V}'.$$

Hier haben wir wegen der Kleinheit des Winkels ζ — er ist bei unsern Versuchen im Maximum $11'$ gewesen — bereits $\cos\zeta = 1$ (eigentlich im Min. $= 0{,}999995$) angenommen, das mit $\operatorname{tang}\zeta$ (im Max. $= 0{,}0032$) behaftete Glied als solches 2. Ordnung vernachlässigt und durch $\mathfrak{Z}$ den mit dem Factor $\operatorname{tang} z'_m \operatorname{cotg}\zeta'$ behafteten Ausdruck bezeichnet. Indem wir die Fehler bei Bestimmung der einzelnen Grössen durch ihre Differentialquotienten darstellen, erhalten wir:

$$\frac{\partial Q}{Q} = \frac{\partial g}{g} = \frac{\partial l_0}{l_0} = \frac{\partial d_0}{d_0} = \frac{\partial d'_0}{d'_0} = 2\,\frac{\partial H}{H},$$

$$\frac{\partial E}{E} = \frac{2}{3}\,\frac{\partial H}{H}, \qquad \partial z' = 2 \operatorname{tang} z'\,\frac{\partial H}{H},$$

$$\partial z_m = 2 \operatorname{tang} z_m\,\frac{\partial H}{H},$$

$$\partial z'_1 = 2\,\frac{\sin z'_1 - \sin z'_2}{\cos z'_1}\,\frac{\partial H}{H}, \qquad \partial z'_2 = 2\,\frac{\sin z'_1 - \sin z'_2}{\cos z'_2}\,\frac{\partial H}{H},$$

$$\partial\mu' = 2\,\frac{\partial H}{H}\cdot\frac{1}{t - t'}, \qquad \partial m = 2\,\frac{\partial H}{H}\cdot\frac{1}{t - 3\,t'}, \qquad \partial\,(t - t') = 2\,\frac{\partial H}{H}\,\frac{1}{\mu'},$$

$$\partial s = 2\,\frac{\partial H}{H}\,\frac{1}{\dfrac{z'}{\sin z'} + \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{z_1}{\sin z_1} + \dfrac{z_2}{\sin z_2} - \dfrac{z'_1}{\sin z'_1} - \dfrac{z'_2}{\sin z'_2}\right)},$$

$$\partial k = 2\,\frac{\partial H}{H}\,\frac{1}{n' - n_1 + \dfrac{n_2 - n_1}{2}}, \qquad \partial x = \partial\mathfrak{Z} = 2\,\frac{\partial H}{H},$$

wo wir abkürzend gesetzt haben:

$$\frac{t_1 + t_2}{2} = t \text{ und } \frac{t'_1 + t'_2}{2} = t'.$$

Nun war bei unsern Beobachtungen in runden Zahlen:

$Q = 112157$ mgr. $\quad d_0 = d'_0 = 8{,}90$

$l_0 = 744$ mm. $\quad E_0 = 450$ mm. $g = 9819$ mm. s.

$z' = 22°50'$ $\quad z_m = 49°40'$

$z'_1 = 32°10'$ $\quad z'_2 = 14°20'$

$\mu' = 0{,}00065$ $\quad t - t' = 0°7$ (Max.) $t - 3t' = -50$ (Max.)

$n' = n_1 + \frac{n_1 - n_2}{1} = 13$ im Max.

Also erhält man, wenn als untere Genauigkeitsgrenze des Resultats:

$$\frac{dH}{H} = \pm 0{,}0001$$

angestrebt wird:

$\partial Q = \pm 22$ mgr. $\quad \partial z' = \pm 17''$

$\partial l_0 = \pm 0{,}15$ mm. $\quad \partial z_m = \pm 49''$

$\partial d_0 = \pm 0{,}0018$ » $\quad \partial z'_1 = \pm 14''$

$\partial E_0 = \pm 0{,}030$ » $\quad \partial z'_2 = \pm 12''$

$\partial g = \pm 1{,}96$ » $\quad \partial \mu' = \pm 0{,}0003$

$\partial m = \pm 0{,}000004$ $\quad \partial(t - t') = \pm 0°31$

$\partial s = \pm 0{,}000177$ $\quad \partial k = \pm 0{,}0000015$

$\partial x = \partial \vartheta = \pm 0{,}0002.$

Den obigen Mittheilungen über die Bestimmung der Constanten zufolge ist aber in Wirklichkeit nahezu:

Q 20 Male, l_0 10 Male, d_0 2 Male, E_0 3 Male, g 20 Male, m 4 Male, μ' 6 Male, $t - t'$ mindestens 6 Male, s 2 Male und k 10 Male genauer bestimmt.

Was die Fehlergrenzen für die Winkelgrössen $\partial z'$, ∂z_1, etc. betrifft, so werden dieselben bei unserm Instrument jedenfalls nicht überschritten, da im Allgemeinen die Ablesung mit

einer Sicherheit von $\pm$ 5″ erfolgt und auch bei ungünstiger Beleuchtung der Fehler $\pm$ 10″ nicht übersteigt.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Horizontalität der Magnete, wie wir gesehen, jedenfalls bis auf $\pm$ 7′ erfüllt war, dass bei den Ablenkungsbeobachtungen die Magnete bis auf $\pm$ 10′ jedenfalls senkrecht aufeinander standen, dass mindestens bis auf $\pm$ 0,1 mm. die gleiche Distanz derselben beiderseits realisirt war, dass ferner dabei jedenfalls ihre Axen bis auf weniger als die letztere Grösse in dieselbe horizontale Ebene fielen, und dass endlich der ganzen Construction zufolge die Durchbiegung der Ablenkungsschiene auf die Magnetdistanz nur einen ganz zu vernachlässigenden Einfluss (Grösse zweiter Ordnung) haben konnte. Von diesen Fehlerquellen her kann also das Resultat unserer Messung jedenfalls auch nicht bis zu einer $\frac{dH}{H} = \pm 0{,}0001$ übersteigenden Grösse gefährdet werden.

Wir haben oben gesagt, dass die Entfernung E_0 der Magnete 3 Male genauer als die fixirte Grenze von 0,03 mm. bestimmt sei. Dies bezog sich indessen nur auf unsere oben mitgetheilte Verification der Schienen-Theilung. Nun ist aber jedesmal bei den Messungen der Magnet mit seiner Marke auf den Theilstrich der Schiene und zwar von Hand einzustellen, so dass bei jeder speciellen Beobachtung der Fehler von E_0 wohl mehr von der Sicherheit dieser Einstellung als dem Verificationsfehler der Theilung abhängt und es frägt sich daher, mit welcher Genauigkeit diese Einstellung von Strich auf Strich erfolge. Dies habe ich bei dem frühern provisorichen Apparat dieser Art, wo ich die Theilungsverification in der Art ausführte, dass ich den centralen Ring mit den angesetzten Schienen und den auf sie gelegten Magneten direct auf den Comparator brachte, untersucht[1]) und gefunden, dass bei der Einstellung mit Hülfe einer Lupe der Fehler nicht mehr als $\pm$ 0,01 mm. betrage. Es ist also dieser Fehler doch nur vom gleichen Betrag wie der Verificationsfehler.

Es bleiben uns jetzt nur noch die Fehler ∂x und $\partial\vartheta$ zu untersuchen.

Was zunächst $\partial\vartheta$ betrifft, so ist nach Formel V:

$$\mathfrak{d} = \text{tang } z'_m \text{ cotg } \zeta' \left[\frac{s}{2}\left(\frac{z'_1}{\sin z'_1} - \frac{z'_2}{\sin z'_2}\right) + (\mu + m)\left(\frac{\tau'_1 - \tau'_2}{2}\right) - \left(\frac{n'_1 - n'_2}{2}\right) k\right],$$

wo wir dem Vorigen zufolge $\delta + \delta' - \lambda = m$ gesetzt haben.

Bei unsern Beobachtungen war nun:

$$\tau'_1 - \tau'_2 = 0{,}^\circ 2 \text{ im Maximum}, \quad n'_1 - n'_2 = 1{,}3 \text{ im Maximum},$$

$$s = 0{,}001711, \qquad k = 0{,}000305, \qquad \mu + m = 0{,}00067,$$

$$z'_1 = 32^\circ\ 10', \qquad z'_2 = 14^\circ\ 20',$$

also:

$$z'_m = \frac{z'_1 + z'_2}{2} = 23^\circ\ 15' \text{ und } \zeta' = \frac{z'_1 - z'_2}{2} = 8^\circ\ 55'$$

1) Siehe meine Abhandlung: «Ueber die Genauigkeit absoluter Bestimmungen der Horizontal-Intensität; Repertorium für Meteorologie, Bd. VIII, № 7, S. 56».

Unser obiger Ausdruck nimmt demgemäss im Max. folgenden Zahlenwerth an:

$$\vartheta = 2{,}562\ (0{,}000038 + 0{,}00017 - 0{,}00020) = 0{,}000025.$$

Da also in unserm speciellen Fall der ganze Werth von ϑ nahe 10 Male keiner ist als die erforderliche Genauigkeitsgrenze $\partial\vartheta$ in Bestimmung desselben, so ist ein störender Einfluss auf dass Resultat von diesem Gliede her nicht zu befürchten. Dies würde auch dann noch gelten, wenn in Folge umgekehrten Zeichens des letzten Ausdrucks in der Klammer ϑ den nicht mehr zu vernachlässigenden Werth: 0,00105 angenommen hätte.

Der von mir für diese ersten Versuche getroffenen Wahl der Magnetdimensionen zufolge soll nach S. 10:

$$x = \frac{p}{E^2_0} + \frac{q}{E^4_0} + \frac{r}{E^2_0} = 0$$

bei unserm Apparate sein. Nach den Erörterungen auf S. 10—12 könnte nun in Folge nicht genauer Erfüllung der hiebei zu Grunde gelegten Hypothesen:

$$\frac{r}{E_0^2} = \pm\ 0{,}000062$$

und:

$$\frac{p}{E_0^2} + \frac{q}{E_0^4} = \pm\ 0{,}00031 \text{ bis } \pm\ 0{,}00145$$

im ungünstigten Falle werden. Da indessen, wie bemerkt, alle drei Magnete aus demselben Stahl angefertigt, in gleicher Weise gehärtet und magnetisirt worden sind und ähnliche Form haben, so ist hier wohl der Eintritt des ungünstigsten Falls ausgeschlossen und es wird daher sehr wahrscheinlich der Fehler dieses letzten Gliedes kaum die untere Grenze:

$$\partial x = \pm\ 0{,}00031$$

überschreiten. Jedenfalls bedingt also die Grösse x bei unsern Versuchen die relativ grösste Unsicherheit, welche die für eine Genauigkeit des Endresultats:

$$\frac{\partial H}{H} = \pm\ 0{,}0001$$

bestimmte Grenze, um das $1^1/_2$-fache eventuell überschreiten dürfte.

Für die im Vorigen mitgetheilten Längen- und Gewichts-Messungen dienten das in seinen Unter-Abtheilungen verificirte Normalmeter, sowie die ebenfalls in allen Stücken verificirten Kilogramm-Sätze aus vergoldeten Messingkugeln № 1 und № 2 des physikalischen Central-Observatoriums (siehe Jahresberichte dieser Anstalt für 1873 und 1874 S. 21—25, für 1875 und 1876 S. 14—16 und für 1879 und 1880 Beilage I). Dieselben konnten neuster Zeit durch Vermittelung des internationalen Maass- und Gewichts-Bureaus in Paris sicherer und genauer als früher auf das Meter und Kilogramm der Archive resp. auf die neuen internationalen Prototype des metrischen Maass-Systems bezogen werden. Die absolute Sicherheit für das Meter beträgt jetzt mindestens $\pm$ 0,001 mm. und für das Kilo-

gramm mindestens $\pm$ 0,1 mgr. Somit sind alle oben mitgetheilten Längen und Gewichte resp. Massen in wahren Millimetern und Milligrammen ausgedrückt. Was die Zeit-Basis betrifft, so ist dieselbe bei der Bifilar-Methode nicht zu bestimmen, da sie als Secunde der mittleren Sonnenzeit in der Grösse g für die Beschleunigung der Schwere steckt.

5. Die Beobachtungen.

Die Beobachtungen nach der Bifilar-Methode wurden alle nach dem folgenden Schema ausgeführt, wobei vorausgesetzt ist, dass das Instrument nivellirt, der Cylinder mit Bifilar-Aufhängung auf den Apparat aufgesetzt, das Fernrohr angenähert in die Meridianstellung gebracht und der Torsionsstab, Stift nach oben, in das Schiffchen eingelegt sei.

1. Einstellung des Platindrahtes am Schiffchen auf die Mitte der Mikroskopfaden durch Drehung der Schraube K oben und Ablesung des Mikrometers oben (gibt die Grösse x[1]). Schliessung der obern Oeffnung durch Ueberschieben der Hülse L.

2. Drehung des Mikroskopträgers B resp. der Fadensuspension, bis sich im Fernrohr der Mittelstrich mit seinem Spiegelbild im Spiegel des Torsionsstabs decken, der nach Beruhigung durch den Stuhl freigelassen ist.

3. Einlegung des Hülfsmagnets ins Schiffchen an Stelle des Torsionsstabs und Drehung der Alhidade, also von Fernrohr mit Fadensuspension zusammen, bis zur Coïncidenz von Mittelstrich im Fernrohr mit seinem Spiegelbild. Electrisches Glockensignal in dem unterirdischen Pavillon zur Ablesung der Variationsapparate (Declination) durch den dejourirenden Beobachter daselbst. Notirung der Uhrzeit. Ablesung der Verniere am Horizontalkreis (magnetischer Meridian für den Hülfsmagnet).

4. Drehung der Alhidade entsprechend der letztern Ablesung um 90°, Fixirung derselben und Ablesung des Horizontalkreises mit den beiden Mikrometer-Mikroskopen.

5. Drehung des Mikroskop-Armes bis zur Coïncidenz von Mittelstrich im Fernrohr mit seinem Bild im Magnetspiegel. Signal nach dem Variations-Pavillon (Declination und Horizontal-Intensität, Δ' und n'); Notirung der Uhr-Zeit; Ablesung des Thermometers im centralen Gehäuse (τ'); Ablesung des Horizontalkreises mit den Mikrometer-Mikroskopen. (Die Differenz dieser Ablesung und der vorigen gibt den Torsionswinkel z').

6. Auflegen der beiden mit • und •• bezeichneten Magnete auf die Ablenkungsschiene nördlich und südlich vom Centrum aus, die Nordpole beide nach Nord gewendet; Einschieben der Thermometer in dieselben und Einstellung der Mittelstriche auf die Striche 450 der Schienen.

7. Drehung des Mikroskop-Armes bis zur Strich-Coïncidenz im Fernrohr. Signal nach dem Variations-Pavillon (Declination und Horizontal-Intensität, Δ'_1 und n'_1); Notirung der

---

1) Hier ist die Grösse x in dem Ausdruck für l_0 auf S. 22 gemeint und nicht etwa die Grösse x von der vorigen Seite, die ja = 0 angenommen wurde und nur durch ein Versehen mit demselben Buchstaben bezeichnet worden ist.

Uhrzeit; Ablesung der Thermometer bei den beiden Ablenkungs-Magneten (Mittel: t'_1) und im centralen Gehäuse (τ'_1); Ablesung des Kreises mit den Mikroskopen. (Die Differenz dieser Ablesung und der unter 4 gibt den Torsionswinkel z'_1).

8. Umkehr beider Magnete um 180°, so dass jetzt ihre Nordpole nach Süden weisen und neue Einstellung auf die Striche 450.

9. Drehung des Mikroskop-Armes in entgegengesetzter Richtung bis wieder zur Strich-Coïncidenz im Fernrohr. Signal nach dem Variations-Pavillon (Declination und Horizontal-Intensität, Δ'_2 und n'_2); Notirung der Uhrzeit; Ablesung der Thermometer bei den Ablenkungsmagneten (Mittel: t'_2) und im centralen Gehäuse (τ'_2); Ablesung des Kreises mit den Mikroskopen. (Die Differenz dieser Ablesung und der unter 4 gibt den Torsionswinkel z'_2).

10. Ablenkungs-Magnete ohne Aenderung ihrer Pol-Lage vertauscht und auf 450 neu eingestellt.

11. Wiederholung der Operationen sub 9. Gibt zweite Werthe derselben Grössen wie sub 9.

12. Ablenkungsmagnete umgekehrt, Nordpole wieder nach Nord, Neu-Einstellung auf 450.

13. Wiederholnng von 7. Gibt zweite Werthe derselben Grössen wie sub 7.

14. Entfernung der Ablenkungs-Magnete, Zurückdrehen des Fernrohs mit Alhidade zur Meridianstellung und ebenso des Mikroskop-Armes zu jener, Entfernung des Hülfsmagnets aus dem Schiffchen und Einlegen des Torsionsstabes an seine Stelle.

15. Wiederholung von 1.

16. Wiederholung von 2.

17. Einlegung des Ablenkungs-Magnets • in das Schiffchen an Stelle des Torsionsstabes und Drehung der Alhidade etc. bis zur Strich-Coïncidenz. Signal zum Variations-Pavillon (Declination von der an die Δ gezählt werden); Notirung der Uhrzeit; Ablesung der Verniere des Horizontalkreises. (Magnet. Meridian für Magnet •).

18. Drehung der Alhidade entsprechend der letztern Ablesung um 90°, Fixirung derselben und Ablesung des Kreises mit den Mikroskopen.

19. Wiederholung von 5. Gibt Δ_1, n_1, t_1 und als Differenz der neuen Kreis-Ablesung und der vorigen den Torsionswinkel z_1.

20. Zurückdrehen der Alhidade und des Mikroskop-Armes zur Meridianstellung, Ersetzung des Magnets • im Schiffchen durch den Torsionsstab.

21. Wiederholung von 1.

22. Wiederholung von 2.

23. Einlegen des Magnets •• in das Schiffchen und Wiederholung im Uebrigen von 17.

24. Wiederholung von 18.

25. Wiederholung von 19. Gibt jetzt: Δ_2, n_2, t_2 und den Torsionswinkel z_2.

26. Wiederholung von 20 für Magnet •• .

27. Wiederholung von 1.

Nachdem an die Ablesungen der Thermometer die durch Vergleich derselben mit dem Normalthermometer des Instituts bestimmten Correctionen angebracht waren, sind die Beobachtungen auf Grundlage des Vorigen nach folgender Formel berechnet worden, welche durch Einsetzung der Werthe der Constanten in Formel V. erhalten wurde:

$$H_1^2 = 1{,}29306 \cdot \frac{\sin z' \sin \frac{z_1 + z_2}{2}}{\sin \frac{z'_1 - z'_2}{2} \cos \frac{z'_1 + z'_2}{2}} \left\{ 1 - 0{,}000890\ (x - 13{,}00) + \right.$$

$$+ 0{,}000668 \left(\tau' - \frac{\tau'_1 + \tau'_2}{2} + \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t'_1 + t'_2}{2}\right) - 0{,}000036\ \frac{t'_1 + t'_2}{2} -$$

$$- 0{,}000303 \left(n' - n_1 + \frac{n_2 - n_1}{2}\right) + 0{,}001711 \left[\frac{z'}{\sin z'} + \frac{1}{2}\left(\frac{z_1}{\sin z_1} + \frac{z_2}{\sin z_2} - \right.\right. \quad \ldots . \text{VI.}$$

$$\left. - \frac{z'_1}{\sin z'_1} - \frac{z'_2}{\sin z'_2}\right)\Big] - \frac{1}{2} \operatorname{tang} \frac{z'_1 + z'_2}{2} \operatorname{cotg} \frac{z'_1 - z'_2}{2} \left[0{,}001711 \left(\frac{z'_1}{\sin z'_1} - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \frac{z'_2}{\sin z'_2}\right) + 0{,}000668\ (\tau'_1 - \tau'_2) + 0{,}000303\ (n'_2 - n'_1)\right] \Bigg\}.$$

Hierzu ist zu bemerken, dass gemäss der Bemerkung auf S. 27 das zweit-letzte Glied in der Gleichung V. als sehr klein vernachlässigt worden ist und dass wir den Werth für l_0 von S. 22 in der Form:

$$l_0 = 741{,}44\ [1 + 0{,}000890\ (x - 13{,}00)]$$

eingeführt haben, wobei, wie bereits auf der zweit' vorigen Seite erwähnt wurde, die Grösse x nicht mir der in Gleichung V. comparirenden, aus Versehen gleich bezeichneten Constanten zu verwechseln ist.

Für x ist das Mittel der 3 Mikrometer-Ablesungen an der obern Suspension bei Beobachtung 15, 21 und 27 zu setzen. Die betreffende Ablesung unter 1 hat nur zum Zweck aus dem Vergleich mit 15 zu constatiren, dass sich die Fadenlänge nicht merklich d. h. nicht über 0,15 mm. in der Zwischenzeit geändert habe. t'_1 ist das Mittel der bei beiden Magneten auf den Schienen unter 7 und 13 abgelesenen Temperaturen, t'_2 entsprechend das aus Beobachtung 9 und 11 abgeleitete.

Wollte man nach der Formel 9 bei jeder Messung auch noch den Elasticitätscoefficienten dadurch bestimmen, dass man nach der letzten Beobachtung 27 noch eine 28. hinzufügt, bei welcher nach Auflegen des Gewichtchens γ auf das Bifilar und Neueinstellung des Platindrahts im Mikroskop P eine weitere Ablesung y am Mikrometer J gemacht wird, so wäre in der vorstehenden Gleichung statt des Factors: $s = 0{,}001711$ jetzt zu setzen:

$$s = \frac{0{,}0003523}{y - x},$$

wo x die unter 27 gemachte, unmittelbar vorhergehende Mikrometer-Ablesung darstellt.

Meine Beobachtung am 30. Juni 1885 von $10^h 3^m$ bis $12^h 14^m$ a. ergab folgende Daten:

$$z' = 22° 41' 45'' \qquad z_1 = 49° 29' 12''$$

$$z'_1 = 31\ 52\ 10 \qquad z_2 = 49\ 46\ 58$$

$$z'_2 = 14\ 6\ 58 \qquad \frac{z_1 + z_2}{2} = 49\ 38\ 5$$

$$\frac{z'_1 - z'_2}{2} = 8° 52' 36'' \qquad \frac{z'_1 + z'_2}{2} = 22° 59' 34''$$

$$x = 13{,}52 \qquad \tau' = 19^s{,}64 \qquad \tau'_1 = 20^s{,}08 \qquad \tau'_2 = 20^s{,}09$$

$$t'_1 = 20{,}10 \qquad t'_2 = 20{,}24 \qquad t_1 = 20{,}64 \qquad t_2 = 20{,}84$$

$$n' - n_1 = 0{,}50 \qquad n_2 - n_1 = 0{,}30 \qquad n'_2 - n'_1 = 0{,}00.$$

Von der Messung 1 bis zu 15 hatte sich die Fadenlänge um 0,14 Umdrehungen = 0,09 mm. verändert, von 15 bis 27 aber bloss um 0,04 U. = 0,03 mm.; die Declinationsvariation während der ganzen Zeit erreichte nur 9′; endlich ist $\frac{z_1 - z_2}{2} = 8' 53''$; es sind also die der obigen Gleichung zu Grunde liegenden Voraussetzungen durchaus erfüllt.

Führen wir diese Daten oben ein, so kommt:

$$H_1 = 1{,}63588\,(1 - 0{,}000463 + 0{,}000087 - 0{,}000726 - 0{,}000197 + 0{,}001937 - 0{,}000096)^{1/2}$$
$$= 1{,}63631.$$

Für dieselbe Zeit $11^h 47^m$ a. des 30. Juni 1885 d. h. den Moment der Beobachtung 19, welche den Torsionswinkel z_1 gibt, wurde das H_1 auch den Aufzeichnungen des Magnetographen, dessen absolute Werthe auf die absoluten Messungen am magnetischen Theodolithen № 59 basiren, entnommen.

Danach war:

$$H_1 = 1{,}63620.$$

Wir erhalten somit als Differenz der Angaben der beiderlei Instrumente:

Bifilar-Theodolith — Theodolith № 59: 0,00011.

In der nachstehenden Tabelle sind die Daten aller im Jahre 1885 mit dem Instrument angestellten Beobachtungen mitgetheilt soweit als sie zur Berechnung der Horizontal-Intensität nöthig sind. Dieselben sind alle ausser der schon erwähnten vom 30. Juni von Herrn Leyst angestellt worden.

1885.

1885.	30. Juni $11^h 47^m$ a.	9. Juli $4^h 47^m$ p.	22. Juli $3^h 45^m$ p.	6. August $3^h 47^m$ p.	19. August $11^h 31^m$ a.	3. Sept. $3^h 22^m$ p.	17. Sept. $11^h 25^m$ a.	1. Octob. $12^h 12^m$ a.	28. Octob. $3^h 29^m$ p.	12. Nov. $11^h 18^m$ a.	25. Nov. $11^h 24^m$ a.
z'	22°41′ 45″	22°49′ 7″	22°46′ 54″	22°47′ 26″	22°55′ 24″	23° 0′ 24″	22°54′ 42″	23° 8′ 4″	23° 0′ 52″	22°57′ 56″	22°57′ 26″
z'_1	31 52 10	31 57 7	31 55 47	31 56 5	32 10 39	32 21 2	32 9 6	32 31 42	32 15 4	32 10 44	32 11 8
z'_2	14 6 58	14 16 18	14 16 37	14 16 9	14 18 34	14 22 52	14 16 55	14 22 46	14 24 12	14 20 33	14 21 32
z_1	49 29 12	49 39 45	49 28 12	49 25 3	49 37 18	50 8 16	49 46 20	50 9 30	49 50 51	49 33 52	49 44 5
z_2	49 46 58	49 55 56	49 51 11	49 46 14	49 57 10	50 15 50	49 50 37	50 20 28	49 46 23	49 34 15	49 44 14
$\varkappa$	13,52	14,27	15,92	16,70	17,01	17,54	17,75	18,31	17,72	17,70	17,17
τ'	19,64	22,90	24,58	24,50	17,10	13,33	16,90	7,70	17,20	18,10	17,12
τ'_1	20,08	23,52	24,75	24,75	17,75	13,34	17,30	7,84	17,30	18,16	17,18
τ'_2	20,09	23,54	24,80	24,88	17,76	13,38	17,50	8,04	17,42	18,29	17,30
t'_1	20,24	23,45	24,74	25,50	18,46	14,10	18,59	8,55	18,33	19,05	18,57
t'_2	20,10	23,61	24,72	25,54	18,40	13,83	18,53	8,51	18,26	19,25	18,23
t_1	20,64	23,98	25,10	25,50	18,65	13,36	18,20	8,25	17,60	18,48	17,66
t_2	20,84	24,00	25,00	25,70	19,00	13,65	18,40	8,38	17,70	18,68	17,90
$n' - n_1$	+ 0,50	− 3,60	− 4,20	− 1,80	− 0,30	− 3,80	+ 4,20	+ 1,00	+ 2,20	+ 2,70	+ 2,40
$n'_2 - n'_1$	0,00	− 0,85	+ 1,30	+ 0,10	− 0,40	− 0,80	− 0,20	− 0,75	0,00	− 1,30	− 0,20
$n_2 - n_1$	+ 0,30	− 0,40	+ 1,30	− 0,70	− 1,20	+ 1,90	+ 0,20	+ 0,20	− 2,40	− 0,90	− 0,50
$n'_1 - n'$	+ 0,25	+ 1,40	+ 1,90	+ 1,80	− 0,10	+ 3,40	− 1,70	− 0,30	− 0,50	− 0,70	− 0,80
$n'_2 - n'$	+ 0,25	+ 0,50	+ 3,20	+ 1,90	− 0,50	+ 2,60	− 1,90	− 1,00	− 0,50	− 2,00	− 1,00

Vermittelst dieser Daten hat jeder Beobachter seine Messungen nach der obigen Formel berechnet, worauf Herr Kiersnowskij jun. noch eine Controllberechnung aller ausführte. Die Resultate dieser Berechnung der Horizontal-Intensität sind in der folgenden Tabelle mit den aus den Aufzeichnungen des Magnetographen je für den am Kopf der Tabelle angegebenen Zeitpunkt der Einstellung des Torsionswinkels z_1 sich ergebenden zusammengestellt, wobei wieder, da die Angaben des Magnetographen sich auf die absoluten Messungen mit dem Unifilar-Theodolithen № 59 stützen, dieser als maassgebend aufgeführt ist.

1885.	Biflar-Th.	Theod. № 59.	Differenz.	Beobachter.
30. Juni	1,63631	1,63620	0,00011	Wild.
9. Juli.....	1,64717	1,64270	0,00447	Leyst.
22. Juli.....	1,64362	1,64096	0,00266	»
6. August ...	1,64183	1,64043	0,00140	»
19. August ...	1,64002	1,63745	0,00257	»
3. September.	1,64422	1,63784	0,00638	»
17. September.	1,63759	1,63396	0,00363	»
1. October...	1,64029	1,63607	0,00422	»
28. October...	1,64364	1,63999	0,00365	»
12. November.	1,63917	1,63596	0,00321	»
25. November.	1,64148	1,63899	0,00249	»

Hieraus ergibt sich unmittelbar, dass das von mir erhaltene Resultat in Betreff der Differenz zum Theodolith № 59 durchaus von allen nachher von Herrn Leyst gewonnenen Werthen abweicht. Aus den Beobachtungen des Letztern folgt nämlich im Mittel:

$$\text{Bifilar-Theodolith} - \text{Theodolith № 59} = 0{,}00347 \pm 0{,}00110.$$

In der Einleitung zu den Annalen des physikalischen Central-Observatoriums von 1884 I. Theil, wo ich die obigen Resultate bereits mitgetheilt habe[1]), war ich geneigt, dem letztern Werth vor dem meiner vereinzelten ersten Messung, die zudem zugleich die Absicht verfolgte, Herrn Leyst mit der Beobachtungsmethode vertraut zu machen, den Vorzug zu geben, und das um so mehr, als Herr Leyst, wie dort erwähnt wurde, nach einer ganz andern Methode, nämlich durch Combination von Ablenkungsbeobachtungen am Unifilar- und Bifilar-Magnetometer Werthe der Horizontal-Intensität erhalten hatte, welche im gleichen Sinne und um einen nahe gleichen Betrag (0,0026) von den Angaben des Theodoliths № 59 abwichen. Ja ich hätte mich wohl ganz mit diesem Resultat befreundet, wenn nicht die Messungen des Herrn Leyst eine so grosse Unsicherheit gezeigt hätten, nämlich etwa 10 Male so gross als beim Theodolithen № 59, und somit auch, da die Ursache nicht an diesem Instrument liegen kann[2]), um nahe ebenso viel grösser als die, unsern frühern Erörterungen zufolge zu erwartende Unsicherheit der Messungen mit dem Bifilar-Theodolith. Da bei diesem geübten Beobachter grobe Beobachtungsfehler ausgeschlossen erschienen, so musste offenbar irgendwo eine von mir nicht beachtete Fehlerquelle stecken.

---

1) Wegen eines Missverständnisses in der Anbringung der Thermometercorrectionen bei einer ersten Berechnung meiner Beobachtungen durch Herrn Leyst weicht mein dort mitgetheiltes Resultat etwas von dem obigen, richtigen ab. Ebenso haben einige Berechnungen der eigenen Beobachtungen durch Herrn Leyst noch einige kleine Correctionen erfahren und wurde endlich die dort erwähnte Messung vom 14. October hier ganz ausgeschlossen, da sie wegen magnetischer Störungen als unsicher zu betrachten war.

2) Es gibt noch ein anderes Kriterium dafür, dass der Fehler nicht am Theodolith № 59 liegt, sondern die Unsicherheit in der That durch den Bifilar-Theodolith bedingt wird. Aus den oben mitgetheilten Daten lässt sich nämlich auch nach folgender, aus den frühern Gleichungen herzuleitenden Formel der mittlere Inductionscoefficient $\nu = \frac{1}{2}\left(\frac{\nu' a + \nu' b}{2} + \frac{\nu'' a + \nu'' b}{2}\right)$ der Hauptmagnete berechnen:

$$\nu = \frac{1}{2.H_1}\left\{\frac{\sin z'_1\,(1 + B_1) - \sin z'}{\sin z' - \sin z'_2\,(1 + B_2)}(1 + A) - 1\right\},$$

wo abkürzend gesetzt wurde:

$$B_1 = s\left(\frac{z'_1}{\sin z'_1} - \frac{z'}{\sin z'}\right) + (\mu + m)(\tau'_1 - \tau') - (n'_1 - n')k,$$

$$B_2 = s\left(\frac{z'_2}{\sin z'_2} - \frac{z'}{\sin z'}\right) + (\mu + m)(\tau'_2 - \tau') - (n'_2 - n')k,$$

$$A = (3m + \mu)\,(t'_1 - t'_2) + (n'_1 - n'_2)\,k.$$

Führen wir hier unsere Beobachtungsdaten und die Werthe der Constanten ein, so ergibt sich der Reihe nach:

	ν		ν
30. Juni	0,000855	17. Sept.....	0,001981
9. Juli.....	0,000425	1. October..	0,001195
22. Juli.....	0,001214	28. October..	0,001426
6. August..	0,000932	12. Nov.	0,000634
19. August..	0,002442	25. Nov.	0,001901
3. Sept.....	0,002426		

Die weit über die theoretisch mögliche Grenze hinausgehenden Abweichungen dieser Werthe unter sich sowie ihres absoluten Betrags vom Mittel der oben mitgetheilten anderweitig genauer bestimmten Inductionscoefficienten beider Magnete, nämlich: 0,000808, weisen auch auf Fehler bei den Messungen mit dem Bifilar-Theodolithen hin.

Diesen Erwägungen zufolge habe ich im Sommer 1886 das Instrument und die Methode in allen Theilen nochmals einer gründlichen Prüfung unterworfen und dabei gefunden, dass der Fehler wohl nur in der Nichterfüllung der einen Bedingung liegen könne, welche ich stillschweigend bei der Theorie des Apparats gemacht habe, dass nämlich bei der Ersetzung des Torsionsstabes durch den einen oder andern der Magnete die Spiegelnormale dieser zur Verbindungslinie der untern Fadenenden genau dieselbe relative Lage einnehme, wie vorher die Spiegelnormale des Torsionsstabes. In Wirklichkeit habe ich zwar dies durch die erwähnte Justirung der Spiegel des Torsionsstabes und der drei Magnete zu erzielen gesucht — und, wie wir weiterhin noch sehen werden, offenbar auch sehr nahe erreicht —, da indessen damals unterlassen worden war, die Spiegel nach erfolgter Justirung durch Lack zu fixiren, so wäre es denkbar, dass sie nachher durch Erschütterungen und dergleichen ihre Lage verändert hätten oder dass vielleicht auch bei den Beobachtungen nicht immer den Magneten im Schiffchen genau die vorgeschriebene Lage ertheilt worden sei.

Es frägt sich nun, welchen Einfluss auf das Resultat eine Abweichung von dieser Voraussetzung haben kann.

Angenommen also, es schliesse die Spiegelnormale des in das Magnetschiffchen eingelegten Magnets mit derjenigen des vorher dort befindlichen Torsionsstabes — die zur Coïncidenz mit der optischen Axe des Beobachtungsfernrohrs gebracht wurde — statt des Winkels 0 den Winkel v ein, so werden wir, um durch eine Drehung der Alhidade auch jetzt eine Coïncidenz der optischen Axe des Fernrohrs und der Magnetspiegelnormale zu erzielen, die magnetische Axe dabei nicht im Meridian erhalten, sondern um einen Winkel y davon abstehend, der durch die Gleichung:

$$H_1 M'_0 \sin y = D_0 \sin v$$

gegeben ist. In Folge dessen wird jetzt auch die Gleichung 1. Seite 2 übergehen in:

$$H_1 M'_0 = D_0 \sin z_1 \left[1 + s \frac{z_1}{\sin z_1} + \beta' t_1 + \tfrac{1}{2} \sin^2 \Delta_1 + \right.$$
$$\left. + \sin v \left(\operatorname{cotg} z_1 - \frac{\sin \Delta_1}{\sin z_1} - \tfrac{1}{2} \sin v \cos^2 z_1\right)\right]$$

oder auch wegen der Kleinheit der Winkel v und Δ mit genügender Annäherung:

$$H_1 M'_0 = D_0 \sin z_1 \left[1 + s \frac{z_1}{\sin z_1} + \beta' t_1 + \sin v \operatorname{cotg} z_1\right].$$

Das letzte Glied in der Klammer repräsentirt also die von der fraglichen Fehlerquelle herstammende Correction. Der Betrag desselben ist aber für:

v	z_1	$\sin v \operatorname{cotg} z_1$
5′	49°40′	0,00123
5	22 50	0,00345.

Die erste Annahme für z_1 entspricht unsern Torsionswinkeln z_1 und z_2 der beiden Hauptmagnete, die letztere der bezüglichen Grösse vom Hülfsmagnet. Da nun der Einfluss dieser Correction auf das Schlussresultat, d. i. die Horizontal-Intensität H, ungefähr ihrem halben obigen Betrag entsprechen wird, so würden also Winkeldifferenzen $v = \pm 10'$ der beiderlei Spiegelnormalen für den Hauptmagneten bereits genügen, die erhaltenen Abweichungen der einzelnen Werthe für H vom Mittel zu erklären und eine ebenso grosse constante Winkeldifferenz der Spiegelnormale des Torsionsstabes und des Hülfsmagnets wäre genügend, die ganze absolute Differenz zwischen den mit dem Bifilar-Theodolith und den mit dem Theodolith № 59 erhaltenen Resultaten zu bewirken.

Eine neue Untersuchung des Torsionsstabes und der Magnete bezüglich der relativen Lage ihrer Spiegelnormalen, die ich im Juli 1886 ausführte, ergab nun in der That eine Veränderung der ursprünglichen Justirung beim Magnet • und insbesondere beim Hülfsmagnet, wo sie etwas über 10′ betrug. Die Magnetspiegel wurden darauf wieder in der frühern Weise justirt und jetzt in ihrer Lage durch etwas Lack fixirt. Gleichwohl schien es mir angesichts des bedeutenden Einflusses, welchen eine selbst geringe Abweichung der einen oder andern Spiegelnormale auf das Beobachtungsresultat haben kann, geboten, das Magnetschiffchen so abzuändern, dass diese Fehlerquelle ganz ausgeschlossen werde. Zu dem Ende liess ich, wie dies in der Nebenfigur natürlicher Grösse der Tafel II durch punktirte Linien angedeutet ist, am Halter NN des Schiffchens einerseits einen, den Spiegel S tragenden Stift, anderseits einen Stift mit Schraubengewinde und der Mutter G als Gegengewicht gegen den erstern befestigen. Die Normale des Spiegels S wird nun selbstverständlich ihre Lage zur Verbindungslinie der Faden beim Vertauschen vom Torsionsstab und Magneten nicht ändern; um aber zugleich controlliren zu können, ob diese Spiegelnormale auch annähernd parallel den Spiegelnormalen der Magnete und damit auch parallel ihren magnetischen Axen sei — was ja für senkrechte Stellung der Ablenkungsschiene zum Hülfsmagnet nothwendig ist —, liess ich den Spiegel S in seiner Mitte durchbohren, so dass man durch diese, 3,5 mm. weite Oeffnung noch ein hinlänglich deutliches Bild des Fadenkreuzes vom Spiegel im Innern der Magnete erhält. Der Spiegel S wurde danach so justirt, dass die Bilder von ihm und vom Magnetspiegel vertikal übereinander fielen. Nach Ausführung dieser Abänderungen, wobei die Gewichtsvermehrung des Magnetschiffchens durch dieselbe sorgfältig gemessen worden war, wollte ich am 1/13. August eben neue Intensitäts-Messungen mit dem Apparat beginnen, als der eine Faden riss und die Neueinziehung eines solchen mir nun Gelegenheit gab, überhaupt alle Constanten des Instruments neu zu bestimmen. Unter Hinweisung auf die früher mitgetheilten Methoden und Bezeichnungsweisen gebe ich hier kurz die neuen Resultate an:

Ablesung am Höhenkreis bei Horizontallage der optischen Axe des Fernrohrs: 179°59′ und 359°59′.

Collimation dieser optischen Axe: 1′51″.

Frühere Nivellirung des Theodoliths bis auf 0′,1 unverändert erhalten.

Ablenkungsschienen wie früher bis auf $\pm$ 1′ horizontal.

Strichdistanz auf den Schienen dieselbe wie früher.

Suspension der Magnete der frühern Justirung zufolge unverändert centrisch geblieben.

Gewichtsbestimmungen.

Torsionsstab.....	77514 mg.	
Magnet •.....	77516	} Mittel 77515 mg.
Magnet ••	77514	
Hülfsmagnet.....	77518	
Suspension mit Spiegel, Fadencylinderchen und halbem Faden.....	42590 mg.	
also:	$Q = 120105$ mg.	

Da nach den ausgeführten Messungen zum alten Schiffchen durch die Abänderungen: 7951 mg. hinzugefügt worden sind, so wäre also das frühere Q nach den jetzigen Wägungen: 112154 mg., also nur um 3 mg. kleiner als der im Jahre 1885 bestimmte Werth von S. 25. Nachdem vom 13. bis 30 August die Faden durch die angehängten Bleigewichte ($^1/_2\,Q$) vollständig detordirt waren, wurden die Fadencylinderchen am Messingschiffchen befestigt, nach erfolgter Gleichspannung am folgenden Tag oben und unten an die Platten angeklemmt und nun die Länge der Faden in der frühern Weise mit dem Kathetometer nach dem Messingmeter von Turettini gemessen. Es ergab sich dabei:

$l_0 = 761{,}943$ mm.	— 0,363 mm.	bei 43,442	am Mikrometer
	— 0,383	» 407	
	— 0,386	» 388	
	— 0,416	» 367	
$l_0 = 761{,}943$ mm.	— 0,387 mm.	bei 43,401	im Mittel.

Bildet man für die einzelnen Messungen die Differenzen vom Mittel sowohl für die Millimeter als auch für die entsprechenden Mikrometer-Ablesungen an der obern Suspension unter Verwandlung der Umdrehungen r in Millimeter nach der früher bestimmten Relation: $1^r = 0{,}660$ mm., so ergibt sich als mittlerer Fehler der einzelnen Messung von l_0: $\pm$ 0,005 mm.

Somit ist jeweilen die Länge l_0 der Faden aus der Mikrometer-Ablesung x oben bei Einstellung des Platindrahts am Schiffchen auf die Mitte der Parallelfaden im Mikroskop zu berechnen nach der Formel:

$$l_0 = 761{,}943 + (x - 43{,}401)\ 0{,}660 \text{ mm.}$$
$$= 761{,}291\ [1 + (x - 43{,}00)\ 0{,}000867]^1).$$

1) Für $x = 10$ ergeben sich aus dieser Messung und den frühern folgende vergleichbare Werthe von l_0:

12. Juli 1884..... $l_0 = 739{,}34$ mm.
18. Juni 1885 .... $= 739{,}46$ »
31. August 1886.... $l_0 = 739{,}51$ mm.

Seit dem Juni 1885 hat also die Aenderung nur 0,05 mm. betragen.

Von derselben Spule, von welcher der neue Faden genommen wurde, wickelte ich gleich noch ein weiteres Stück ab und hing dasselbe unter Beschwerung mit $^1/_2$ Q im physikalischen Laboratorium am 15. August auf, worauf ich dann am 3. und 4. September mit einem Mikrometer-Mikroskop an verschiedenen Stellen des Fadens 50 Durchmesser desselben maass. Wenn man diese Resultate nach ihrer Grösse ordnet und von je 10 Werthen das Mittel bildet, so ergeben sich folgende Resultate:

0,1036 mm.
0,0952
0,0888
0,0882
0,0797

Mittel: 0,0911 mm. Durchmesser des Fadens.

Somit ist die Grösse ϱ, Radius des Fadens, in unsern Formeln für diesen Faden:

$$\varrho = 0{,}0455 \text{ mm.}$$

Bei den absoluten Messungen mit dem Theodolith am 2., 3. und 4. September habe ich jeweilen am Schluss derselben nach der S. 8 und 26 angegebenen Methode den Elasticitätscoefficienten ε des Seidenfadens durch abwechselndes Auflegen und Abheben das Uebergewichts $\gamma = 2033$ mg. bestimmt. Die drei Messungsreihen ergaben folgende Mittelwerthe der Verlängerungen v des Fadens:

2. September: $v = 0{,}1254$ mm.
3. » $= 0{,}1221$
4. » $= 0{,}1261$

} Mittel $= 0{,}1245$ mm.

Hieraus in Verbindung mit den obigen Werthen von γ und ϱ und dem Werth von $l_0 = 761{,}29$ mm. ergibt sich:

$$\varepsilon = \frac{l_0 \gamma}{2 v \varrho^2 \pi} = 10^8 \cdot 9{,}557.$$

Führen wir diesen Werth, die neuen von ϱ und Q, sowie die gleich gebliebenen von d_0 und d_0' in die Gleichung 7 ein, so kommt jetzt:

$$s = 0{,}002163.$$

Gemäss diesen neuen Constantenbestimmungen treten in der Gleichung VI für Berechnung der Intensitätsmessungen mit dem Theodolithen folgende Aenderungen ein:

An die Stelle von:	1,29306	ist zu setzen:	1,348584
» » »	» — 0,000890 (x — 13,00)	» » »	— 0,000867 (x — 43,00)
» » »	» 0,001711	» » »	0,002163.

Meine absoluten Messungen mit dem so verbesserten Theodolithen nach dem oben mitgetheilten Schema am 2., 3. und 4. September 1886, sowie die gleichzeitigen Ablesungen am Unifilar- und Bifilar-Magnetometer von Edelmann im unterirdischen Pavillon durch den dejourirenden Beobachter haben folgende Daten ergeben:

1886.	Beobachter: Wild.		
	2. September $4^h\ 0^m$ p.	3. September $4^h\ 20^m$ p.	4. September $3^h\ 57^m$ p.
z'	21°51′ 16″	21°50′ 2″	21°48′ 27″
z'_1	30 33 31	30 32 46	30 29 38
z'_2	13 39 57	13 39 11	13 38 30
z_1	46 58 52	47 0 7	46 57 19
z_2	46 51 44	46 54 24	46 48 13
x	43,521	43,656	43,406
τ'	18,32°	19,04°	20,26°
τ'_1	18,70	19,21	20,64
τ'_2	18,71	19,22	20,70
t'_1	19,06	19,35	20,86
t'_2	19,11	19,35	20,91
t_1	19,34	19,42	21,42
t_2	19,56	19,34	21,58
n'	318,0	318,3	317,2
n'_1	317,5	318,6	318,0
n'_2	318,3	318,3	317,9
n_1	316,0	317,6	318,6
n_2	316,9	318,4	318,4

wo sich die angegebenen Zeiten wieder auf die Einstellung des Torsionswinkels z_1 resp. die Ablesung n_1 am Bifilar-Magnetometer im Variationspavillon beziehen und alle n bereits auf die Normaltemperatur von 21°,0 in diesem Pavillon reducirt sind. Die grösste Aenderung der Declination während jeder Serie von Beobachtungen betrug 5′, so dass ihre Berücksichtigung auch hier ganz überflüssig ist. Vor der Messung am 4. September wurde die obere Suspension durch Drehung am Torsionskopf H um ungefähr 3° gegen die Verbindungslinie der Mikroskope verstellt, so dass die Ablesungen vermittelst der letztern nun an entsprechend andern Stellen des Horizontalkreises erfolgten.

Aus n_1 berechnet sich die auf den magnetischen Theodolithen № 59 bezogene Horizontal-Intensität nach der für Juni bis August geltenden Formel:

$$H_1 = 1{,}63272 + 0{,}0004938\ (n_1 - 300).$$

Nachstehend sind nun diese Werthe mit den aus meinen obigen Beobachtungsdaten am Bifilar-Theodolith für dieselben Zeitmomente erhaltenen Horizontal-Intensitäten zusammengestellt:

1886.	Bifilar-Theodolith.	Theodolith № 59.	Differenz.	Beobachter.
2. September	1,64159	1,64064	0,00095	Wild
3. »	1,64174	1,64143	0,00031	»
4. »	1,64251	1,64192	0,00059	»

Die Berechnungen sind zuerst von mir und sodann zur Controlle auch noch von Herrn Kiersnowsky, jun. ausgeführt worden.

Darnach wäre also im Mittel dieser drei Messungen die Horizontal-Intensität nach dem

$$\text{Bifilar-Theodolith} - \text{Theodolith № 59} = 0{,}00062 \pm 0{,}00022.$$

Dieser Werth der Differenz in den Angaben beider Theodolithen ist aber von derselben Ordnung wie der aus meiner frühern Beobachtung am 30. Juni 1885 erhaltene, was beweist, dass die von mir ausgeführte Justirung der Spiegelnormalen damals noch der erwähnten Bedingung genügte[1]). Bis zur folgenden Messung des Herrn Leyst am 9. Juli hat dann offenbar durch irgend einen äussern Einfluss, etwa ein Anstossen des Magnets, eine Verstellung des Spiegels beim Hülfsmagneten um ungefähr 10′ stattgefunden, welche die generelle grosse Abweichung zwischen den Angaben der beiden Instrumente bedingte, und ausserdem mögen auch bei den Hauptmagneten kleine Spiegelverstellungen durch entsprechende Ursachen oder Ungenauigkeiten beim Einlegen der Magnete in das Schiffchen vorgekommen sein, welche die beträchtlichen Schwankungen von einem Resultat zum andern bedingt haben.

Ueber die den obigen Resultaten zufolge auch nach Berichtigung des Bifilar-Theodolithen noch übrig bleibende absolute Differenz seiner Angaben gegen die des Theodolithen № 59 werde ich mich hier nicht weiter aussprechen, da bereits im Observatorium zu Pawlowsk Untersuchungen im Gange sind, welche über die Differenzen zwischen den mit verschiedenen Apparaten erhaltenen Werthen der Horizontal-Intensität Licht verbreiten werden.

Nur über die Unsicherheit, welche den Messungen mit dem berichtigten Bifilar-Theodolithen jetzt noch anhaftet und aus der mittleren Abweichung $\pm 0{,}00022$ der Diffe-

---

1) Berechnen wir auch hier zur Beurtheilung der Güte der Beobachtungen am Bifilar-Theodolithen aus unsern Beobachtungsdaten wieder den mittleren Inductionscoefficienten der beiden Hauptmagnete, so ergibt sich unter Hinzunahme des aus meiner frühern Beobachtung vom 30. Juni 1885 in gleicher Weise berechneten:

	ν
1885 30. Juni.....	0,000855,
1886 2. Sept.....	0,000908,
1866 3. Sept.....	0,001145,
» 4. Sept.....	0,000813.

Diese Werthe weichen nicht wesentlich über die durch die möglichen Beobachtungsfehler bedingte Grenze hinaus vom wahren Werth: 0,000808 ab und sprechen daher für die grössere Zuverlässigkeit der obigen Resultate.

renzen beider Theodolith-Angaben zu erschliessen ist, möchte ich noch eine Bemerkung machen. Da nämlich nach der Einleitung zu den Annalen des physikalischen Central-Observatoriums für 1884, I. Theil, S. XVII, der mittlere Fehler einer absoluten Bestimmung der Horizontal-Intensität mit dem Theodolithen № 59 oder einer Herleitung derselben aus den Angaben unserer bezüglichen Variationsapparate zur Zeit ± 0,00016 beträgt, so folgt aus der obigen Unsicherheit der Differenz beider Instrumente, dass auch beim Bifilar-Theodolithen in seiner jetzigen Form der mittlere Fehler einer absoluten Bestimmung von *H* gleich ± 0,00016 ist; also in der That bloss so gross, wie er unsern Erörterungen der möglichen Beobachtungsfehler bei demselben zufolge höchstens sein sollte.

Die neue Beobachtungsmethode und das neue Instrument, der Bifilar-Theodolith, erfüllen also in der That befriedigend ihren Zweck, dürften dies aber in noch höherem Grade thun, wenn an dem vorliegenden Instrument resp. an weiterhin neu zu construirenden Apparaten dieser Art noch einige Verbesserungen angebracht werden, auf welche der Gebrauch hinwies und die ich daher zum Schlusse noch kurz andeuten will.

Das Magnetschiffchen wird durch eine andere Form und eventuell durch Herstellung aus Aluminium bedeutend zu erleichtern und ebenso auch die Magnete durch Reduction ihrer Wandstärke auf 2 mm. ohne erhebliche Beeinträchtigung ihres magnetischen Moments auf ein viel geringeres Gewicht gebracht werden können, so dass für ungefähr gleiche Torsionswinkel und gleiche Fadenlängen die Distanzen der letztern grösser und folglich auch der Einfluss des Correctionsgliedes, das von der Fadentorsion herstammt, ein geringerer wird.

Die Arretirungsvorrichtung für das Schiffchen sollte eine bessere Fixirung des letztern gestatten, so dass die Auswechslung von Torsionsstab und Magnet leicht und sicher ohne Zerrung der Faden erfolgen kann.

Der das Fernrohr tragende Ring wird weiter zu machen oder dasselbe ohne solchen mit seiner Axe in besondere, excentrisch auf der Alhidade befestigte Lager einzulegen sein, um das Gehäuse für das Einschieben der Magnete resp. des Torsionsstabes ins Schiffchen bequemer zugänglich zu machen. Im letztern Fall kann auch die Erhaltung der Nivellirung des Apparats beständig durch ein auf die Fernrohr-Axe aufgesetztes Niveau controllirt werden, wozu sonst bei dem vorliegenden Apparat durchaus noch besondere Niveaux auf der Alhidade und etwa am Mikroskop-Arm anzubringen wären.

Die Mikrometer-Mikroskope zur Ablesung der Kreistheilung wären jedenfalls auf mindestens die halbe Länge resp. Vergrösserung zu reduciren, welche für die erforderliche Genauigkeit der Ablesung übrig ausreichend ist. Dadurch würde die Helligkeit der Bilder eine viel grössere, die Beleuchtung der Theilung also leichter und überhaupt die Messung bequemer werden[1]).

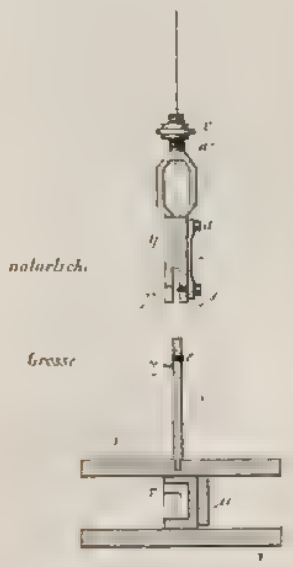
---

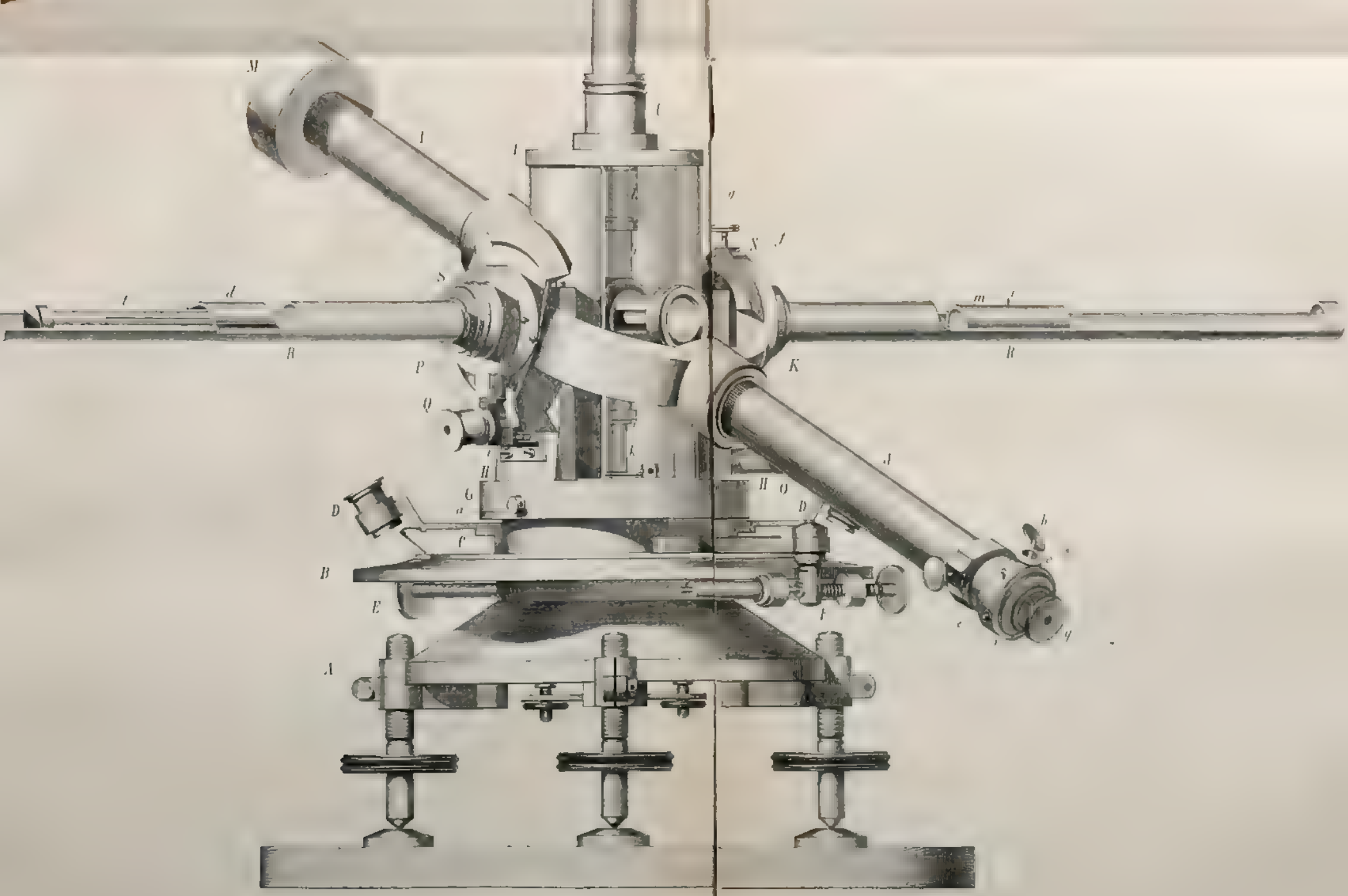
1) Diese Verbesserung ist bei dem vorliegenden Instrument als die nächstliegendste und einfachste inzwischen bereits ausgeführt worden und hat den gewünschten Erfolg gehabt.

Besser noch wäre, das Instrument nicht, wie ich es leider beim vorliegenden gemacht habe, für Beobachtungen nach allen drei Methoden einzurichten, sondern dasselbe ausschliesslich als Bifilar-Theodolith zu construiren. Alsdann könnte nämlich der eigentliche Theilkreis über das Magnetgehäuse verlegt und die Suspensionsröhre auf seiner Alhidade befestigt werden, so dass man die Torsionswinkel mit den Vernieren misst und Drehungen von beliebiger Grösse frei nach beiden Seiten vornehmen, also doppelte Torsionswinkel unter Umkehr des Hülfsmagnets im Schiffchen beobachten kann. Für die gesammte Drehung von Fernrohr und Magnetgehäuse mit Suspension um die untere Axe wäre in diesem Fall unterhalb nur ein verstellbarer, in 90° eingetheilter Index-Ring nöthig. Bei der Vereinigung mehrerer Zwecke in einem Instrument, wie bei dem unserigen, riskirt man nämlich leicht Unbequemlichkeiten und damit geringere Genauigkeit für die einen oder andern Messungen.

H. WI

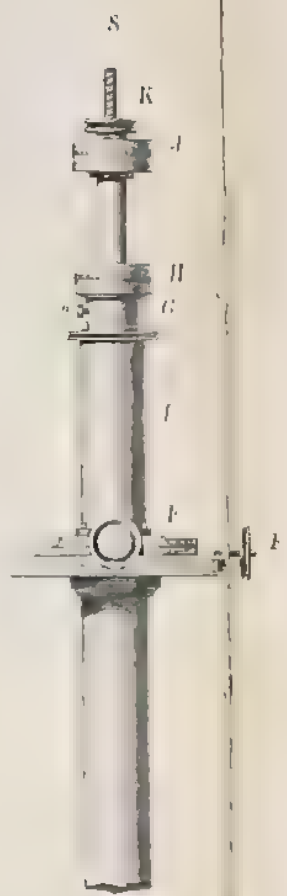
Tafel I.



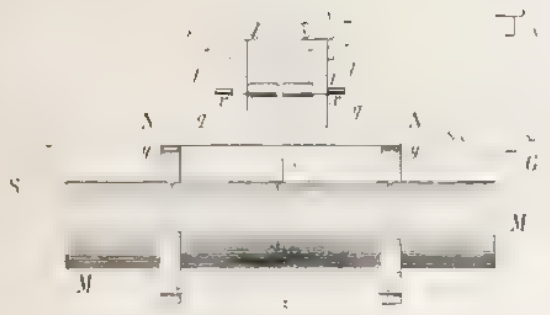


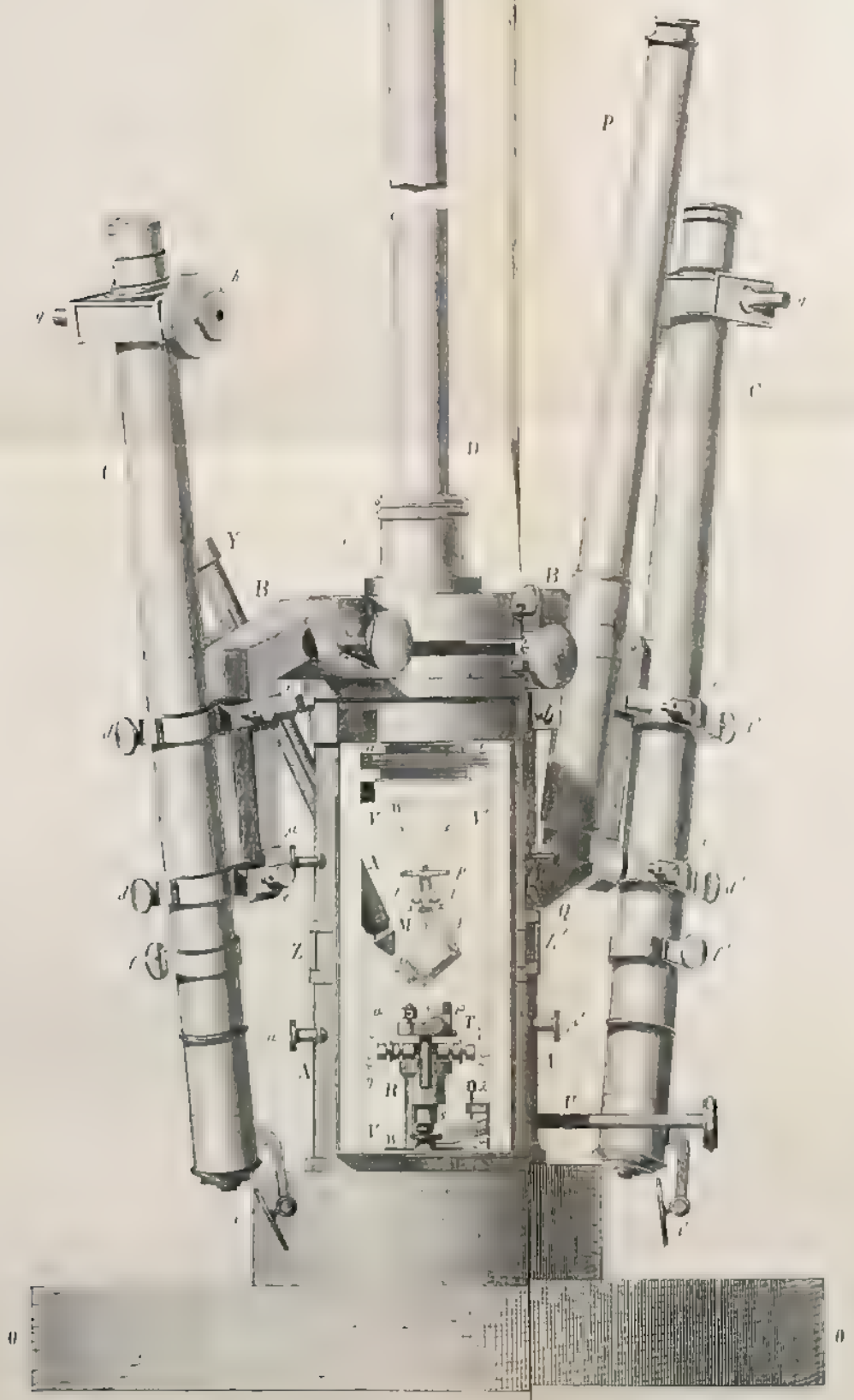
Tafel II

1/2 natürlicher Grösse



natürliche Grösse





MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 12.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

EINEN SPECIELLEN FALL

DES PROBLEMS DER DREI KÖRPER.

VON

Paul Harzer.

LIBRARY OF CC
172720
AUG 29
SMITHSONIAN

Mit einer Tafel.

(*Présenté à l'Académie le 22 avril 1886.*)

7118

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G. Haessel).

Prix: 1 Rbl. 35 Kop. = 4 Mrk. 50 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 12.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

EINEN SPECIELLEN FALL

DES PROBLEMS DER DREI KÖRPER.

VON

Paul Harzer.

Mit einer Tafel.

(*Présenté à l'Académie le 22 avril 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.

Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:

à St.-Pétersbourg:	à Riga:	à Leipzig:
MM. Eggers et Cie et J. Glasounof;	M. N. Kymmel;	Voss' Sortiment (G Haessel).

Prix: 1 Rbl. 35 Kop. = 4 Mrk. 50 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Décembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
(Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.)

Die nachstehenden Untersuchungen sind während meines Aufenthaltes in Stockholm im Jahre 1885 entstanden; Anregung und freundliche Unterstützung zu denselben erhielt ich von Herrn Hugo Gyldén, dem ich mich dafür und für den anregenden und lehrreichen Verkehr mit ihm überhaupt zu herzlicher Dankbarkeit verpflichtet fühle.

Paul Harzer.

Pulkowa, 1886 März.

INHALTSVERZEICHNISS.

Seite.

Einleitung 1

ERSTES KAPITEL.

Die Differentialgleichungen der Bewegung.

1. Ableitung der Differentialgleichungen für die Bewegung in der Bahn 7
2. Nachweis, dass ξ und ν keine elementären und t keine hyperelementären Glieder enthalten 12
3. Ableitung der Differentialgleichung für den Sinus der Breite 18
4. Formeln zur Berechnung der heliocentrischen Coordinaten und Nachweis, dass die Reduction auf die Ekliptik keine hyperelementären Glieder einschliesst 21
5. Umformung der Differentialgleichungen der Bewegung 23

Entwickelung der Störungsfunction.

6. Entwickelungen für $r^2 \frac{\partial \Omega}{\partial r}$ und $\frac{r^2}{a(1-\eta^2)} \frac{\partial \Omega}{\partial v}$ 25
7. Entwickelung für $\frac{r^2}{a(1-\eta^2)} \frac{\partial \Omega}{\partial \cos H}$ 31
8. Berechnung von $\cos H$ 33
9. Berechnung von $\cos nH$ 37
10. Ueber die Form der Entwicklung der Störungsfunction 38
11. Ersetzung von v' durch v 41

ZWEITES KAPITEL.

Erste Näherung für die Bewegung in unserem Specialfalle.

12. Bestimmung des kurzperiodischen Theiles von ρ_1 von der Form D 47
13. Bestimmung des langperiodischen Theiles von ρ_2 von den Formen C und A 52

Seite.

14. Fortsetzung 55
15. Ableitung der Differentialgleichung für ψ 57
16. Integration der Differentialgleichung für ψ 63
17. Ableitung der Gleichung für den Modul 69
18. Auflösung der Gleichung für den Modul 77
19. Bestimmung des kurzperiodischen elementären Theiles von ρ_1 von der Form B 85
20. Bemerkung über die Convergenz der Entwickelungen 95
21. Explicite Darstellung der ersten Näherung für die Bewegung in der Bahn 99
22. Bestimmung des kurzperiodisch elementären Theiles von φ von der Form B und des Haupttheiles der Reduction auf die Ekliptik 104
23. Bestimmung der Integrationsconstanten 107
24. Bestimmung der osculirenden elliptischen Elemente 109

DRITTES KAPITEL.

Berechnung der ersten Näherung für die Bewegung von Hecuba (108) unter dem Einflusse der Anziehung durch die Sonne und durch Jupiter.

25. Numerische Grundlagen 115
26. Bestimmung der in der ersten Näherung vorkommenden Coefficienten der Entwickelung der Störungsfunction 122
27. Bestimmung der Integrationsconstanten und Ableitung der Formeln für die Bewegung. 127
28. Berechnung einiger osculirender Ellipsen 153

Das Problem, dem die folgenden Untersuchungen gelten, betrifft die Bewegungen eines Planeten, des «gestörten Planeten», welcher ausser der Anziehung durch die Sonne noch der durch einen anderen Planeten, den «störenden» Planeten, unterliegt, dessen mittlere Bewegung näherungsweise halb so gross ist, wie die des gestörten Planeten. Die genannte Bedingung ist in Bezug auf Jupiter bei einer grösseren Anzahl kleiner Planeten erfüllt, wie es scheint, am nächsten bei Hecuba (108), welche desshalb als Object für die Anwendung der erhaltenen theoretischen Resultate gewählt wurde. Der erwähnte Fall verdient vor allen anderen Fällen, in welchen die mittleren Bewegungen sich näherungsweise wie zwei ganze Zahlen verhalten, oder, kürzer ausgedrückt, näherungsweise commensurabel sind, desswegen besondere Beachtung, weil die durch den störenden Planeten verursachten Abweichungen von der sonst elliptischen Bewegung des gestörten Planeten ganz besonders gross werden, indem die vergrösserten Glieder von der möglich niedrigsten Ordnung sind. Die Ordnung ist dabei zu rechnen einestheils in Bezug auf die Potenzen einer unterhalb der Einheit liegenden, im Folgenden mit α bezeichneten Constanten, welche das Verhältniss zweier den mittleren Entfernungen bei der Vorstellung der elliptischen Bewegung analogen constanten Grössen bedeutet, und anderentheils ist die Ordnung zu beziehen auf die Potenzen der «Excentricitäten» und «Neigungen». Der Bezeichnungen «Excentricität» und «Neigung» bedienen wir uns hierbei nur, um die Grösse der Abweichungen einer Bahn von einem im Raume festliegenden Kreise von unveränderlichem Radius zu bezeichnen. Diese Begriffe umschliessen also ausser den gleich bezeichneten Begriffen bei der Vorstellung der elliptischen Bewegung noch den Begriff der mittleren Entfernung. Die Stelle der letzteren vertritt im Folgenden im Wesentlichen eine constante Grösse; der bei der Vorstellung variabeler elliptischer Elemente veränderliche Theil der mittleren Entfernung überträgt sich in unserer Theorie auf die Excentricität und die Neigung. Dass Excentricität und Neigung der Planetenbahnen immer derart klein seien, dass Entwickelungen nach den Potenzen dieser Grössen schon von den ersten Gliedern ab gut convergiren, oder kurz, dass das System der Planeten stabil sei und nur in engen Grenzen schwanke, sehen wir, da die Thatsache vorerst nicht er-

wiesen ist, im Folgenden, vorbehältlich einer gelegentlichen Berührung dieser Frage, als Postulat an.

Die Annahme, dass die Bewegung der Planeten in unveränderlichen Ellipsen nach Kepler's Regeln erfolge, entspricht bei keinem Planeten so nahe der Wirklichkeit, dass man dieselbe einer brauchbaren ersten Annäherung, wenn man nicht von vornherein die Gültigkeit derselben beschränken will, zu Grunde legen könnte. Während sich aber die Unbrauchbarkeit dieser Annahme bei den Bewegungen eines irgend welcher Commensurabilität der mittleren Bewegungen ferne liegenden Planeten erst nach einer sehr bedeutenden Anzahl von Umläufen offenbart, vermag diese Hypothese, wenn nur die aufgestellte Bedingung der approximativen Commensurabilität genügend nahe erfüllt ist, selbst während weniger Umläufe ebensowenig analytisch eine brauchbare Annäherung zu liefern, als beispielsweise die Annahme einer gleichförmigen Bewegung in einem Kreise. Das Beispiel für Hecuba dürfte diese Behauptung erweisen.

Um für unser Problem eine brauchbare Lösung — ich möchte mich vorerst nicht des Ausdrucks «absolute» oder «unbegrenzt gültige Lösung» bedienen — zu erhalten, muss man, und zwar nicht allein in dem hier betrachteten Specialfalle, sondern bei der Untersuchung der Bewegungen der Planeten überhaupt, schon bei der ersten Annäherung nicht nur die Theile der Bewegungen berücksichtigen, welche aus der Anziehung der Sonne resultiren, sondern den genannten Theilen sofort auch durchaus gleichgeordnete Theile hinzufügen, welche von der Anziehung durch den störenden Planeten herrühren. Zwischen einem beliebigen Falle aber und dem uns beschäftigenden Falle approximativer Commensurabilität besteht ein wesentlicher Unterschied in Bezug auf die in der ersten Annäherung zu berücksichtigenden Glieder, welchen wir in Kürze charakterisiren wollen. Bei der Besprechung werden wir der Kürze halber, da die die Schwierigkeiten herbeiführenden, dem Specialfalle charakteristischen, Unterschiede fast ausschliesslich die Bewegung in der augenblicklichen Ebene der Bahn betreffen, von der Berücksichtigung der Neigungen absehen.

Einer der wesentlichsten der Punkte, durch welche sich Herrn Gyldén's Theorie der Planetenbewegungen von den gewöhnlichen Methoden «allgemeine Störungen» zu berechnen, unterscheidet, ist die allerdings schon vor ihm in einigen Specialfällen zu Hülfe gezogene Art und Weise, das Auftreten von «secularen Störungen» ausserhalb der Winkelgrössen zu vermeiden. Die secularen Störungen erscheinen, nach seiner Methode behandelt, als Theile periodischer Glieder, in welchen die Perioden der Argumente sich theils von der Umlaufszeit des gestörten Planeten nur um kleine Bruchtheile σ unterscheiden, welche von der Ordnung des Verhältnisses $\frac{m'}{m_1}$ der Masse des störenden Planeten zur Summe der Massen der Sonne und des gestörten Planeten sind, theils aber gross sind gegen die Umlaufszeit von der Ordnung des reciproken Werthes des genannten Verhältnisses. Verstehen wir also unter v die in den folgenden Untersuchungen als unabhängige Variabele eingeführte wahre Länge des gestörten Planeten, gezählt in der augenblicklichen Bahnebene und von einer Axe ab, welche in der Bahnebene nach der Hansen's «idealen Coordinaten» zu Grunde liegenden

Vorstellung veränderlich ist, und bezeichnen wir ferner mit A und B constante Winkel, mit a und b constante Coefficienten, so besitzen die beiden erwähnten Arten von Gliedern die Formen:

$$\text{A)}\quad a \overset{\cos}{\sin}(\sigma v + A), \qquad \text{B)}\quad b \overset{\cos}{\sin}((1-\sigma)v - B).$$

Diese Glieder entstehen in den Bewegungsgleichungen aus Theilen der entwickelten Störungsfunction, welche die Grösse $\frac{m'}{m_1}$ als Factoren haben, erhalten aber bei der Integration der Differentialgleichungen für die Bewegung kleine Divisoren von der Ordnung der σ und sind also in Bezug auf die Grösse $\frac{m'}{m_1}$ von der nullten Ordnung. Mit verschwindendem Werthe von $\frac{m'}{m_1}$ würden die Coefficienten a und b in Folge dessen die unbestimmte Form Null durch Null annehmen, da aber dann die Glieder von der Form A) in Constanten übergehen, die Glieder von der Form B) aber genau der Umlaufszeit gleiche Perioden haben, so verschmelzen sich diese Theile der Bewegungsgleichungen mit den mit den Integrationsconstanten behafteten Theilen und können von diesen nicht getrennt werden; so dass also, unbeschadet der Allgemeingültigkeit, für verschwindende Werthe von $\frac{m'}{m_1}$ die Werthe der Constanten a und b gleich Null gesetzt werden dürfen, wie dies auch dem Umstande entspricht, dass für $\frac{m'}{m_1} = 0$ der Einfluss des störenden Planeten verschwindet und nur die elliptische Bewegung übrig bleibt.

Die niedrigste Ordnung in Bezug auf die Excentricitäten der Bahnen des gestörten und störenden Planeten ist bei den Gliedern von der Form A) die zweite, bei den Gliedern von der Form B) die erste.

Den erwähnten, in jedem Falle auftretenden Gliedern, welche wir mit Herrn Gyldén als «elementäre» bezeichnen werden, treten im speciellen Falle approximativer Commensurabilität der mittleren Bewegungen Glieder zur Seite, deren Form wir zu bezeichnen haben. Wir wollen, indem wir allgemein den Fall einer beliebigen approximativen Commensurabilität ins Auge fassen, annehmen, dass das Verhältniss μ der mittleren Bewegungen des störenden und des gestörten Planeten sich nur um wenig von dem ganzzahligen Bruche $\frac{p}{q}$ unterscheide und setzen

$$p - q\mu = \delta.$$

Verstehen wir dann unter d eine constante Grösse von der Ordnung von δ, so haben die erwähnten Glieder die beiden Formen:

$$\text{C)}\quad x \overset{\cos}{\sin}(dv + \Xi), \qquad \text{D)}\quad y \overset{\cos}{\sin}((1+d)v + H).$$

Die Functionen $x \overset{\cos}{\sin} \Xi$ und $y \overset{\cos}{\sin} H$ sind, wie erst aus dem weiteren Verlaufe dieser Untersuchungen klar wird, trigonometrische Reihen, in welchen die einzelnen Glieder, abgesehen von constanten Theilen der Functionen, die Form A) haben. Diese Glieder erhalten durch den Integrationsprocess, was die Form C) betrifft, Divisoren von der Ordnung d^2, was

die Form D) anlangt, Divisoren von der Ordnung d; beide jedoch in der Weise, dass die resultirenden Glieder in den Bewegungsgleichungen mit verschwindendem d nicht unendlich gross werden. Die niedrigste Ordnung in Bezug auf die Excentricitäten hängt bei den Gliedern von den Formen C) und D) von den Werthen der ganzen Zahlen p und q ab; die Grössenordnungen sind nämlich bezüglich

$$\text{val. abs. } (q-p) \text{ und val. abs. } (\text{val. abs. } (q-p)-1).$$

Die Annahme, dass $p=q$ sei, trifft bei dem Planetensysteme nicht zu, da sich dann der gestörte Planet nahe in derselben Bahn bewegen müsste, wie der störende Planet. Diese Annahme ausgeschlossen, sind demnach die grössten von der Anziehung des störenden Planeten herrührenden Glieder zu erwarten für den Fall, dass sich p und q nur um eine Einheit unterscheiden. Die Grösse der Glieder in den Bewegungsgleichungen hängt nun nicht nur von der Ordnung in Bezug auf die Excentricitäten ab, sondern auch von der Ordnung, welche diese Glieder vor der Integration in der Entwickelung der Störungsfunction eingenommen haben. Diese Ordnung ist zu beurtheilen nach den Potenzen des schon erwähnten Verhältnisses α, welches kleiner als die Einheit ist. In Bezug auf dieses Verhältniss ist die Ordnung der Glieder um so niedriger, je kleinere Zahlen die p und q bedeuten. Durch Vereinigung dieser beiden Bemerkungen ist uns sofort klar, dass die Annahme $p=1$, $q=2$, welche unserem speciellen Falle entspricht, in der That die grössten Glieder in den Bewegungsgleichungen hervorrufen muss.

Kehren wir zu unserem speciellen Falle zurück, setzen also

$$1-2\mu=\delta,$$

so haben wir zu beachten, was schon der blosse Anblick der Elemente der bisher bekannten kleinen Planeten lehrt, dass δ in allen Fällen des Sonnensystems, selbst noch bei Hecuba, gross ist gegen σ.

Bei dem uns beschäftigenden speciellen Falle — und wohl nur bei diesem — können die Glieder von den Formen C) und D), obwohl sie Integrationsdivisoren erhalten, welche nach der gemachten Bemerkung gross sind im Vergleiche zu denjenigen bezüglich der Formen A) und B), dadurch von derselben Grössenordnung werden, wie die Glieder von bezüglich den Formen A) und B), dass die Glieder von den Formen C) und D), da sie in Bezug auf die Excentricitäten bezüglich von der ersten und nullten Ordnung sind, in Bezug auf die Excentricitäten Grössenordnungen angehören, welche um eine Einheit niedriger sind, als die der Glieder von bezüglich den Formen A) und B). Eine diese Verhältnisse begleitende Erscheinung ist der merkwürdige Umstand, dass gewisse Theile der Bewegungsgleichungen, welche man gemäss der gewöhnlichen Ausdrucksweise als Störungen zweiter Ordnung zu bezeichnen hat, von gleicher Grössenordnung sind — und im numerischen Beispiele theilweise sogar bedeutend grösser — als die entsprechenden, gleichgeformten Theile der Störungen erster Ordnung.

Wir wollen sogleich hier noch einige Bemerkungen über die «Anzahl der Argumente» hinzufügen, welche nach der im Folgenden benutzten Methode in die Lösung des Problems, die Bewegung allgemein von p Planeten um die Sonne zu bestimmen, eingehen. Wenn hier von der Anzahl der Argumente die Rede ist, sollen dabei natürlich nur diejenigen Argumente in Rücksicht gezogen werden, aus deren ganzen Vielfachen sich alle in den Bewegungsgleichungen der p Planeten vorkommenden Argumente durch Addition und Subtraction bilden lassen. Nennen wir dann v, v', v'' etc. die in der schon erwähnten Weise gerechneten wahren Längen in der Bahn für die p Planeten, und verstehen wir unter ς, ς', ς'' etc. und unter τ', τ'' etc. constante Grössen von der Ordnung der Verhältnisse der Massen der p Planeten zur Masse der Sonne — Grössen, deren Bedeutung aus dem Folgenden zu ersehen ist —, so ist schon nach Analogie der nachstehenden Untersuchungen ersichtlich, dass sich alle Argumente, welche in die Gleichungen für die Bewegungen der p Planeten eingehen, abgesehen von additiv hinzutretenden Constanten, aus den folgenden Grössen zusammensetzen:

$$v, \quad v', \quad v'' \text{ etc.}$$
$$\varsigma v, \ \varsigma' v', \ \varsigma'' v'' \text{ etc.}$$
$$\tau' v', \ \tau'' v'' \text{ etc.}$$

Die Anzahl der Argumente ist also $3p - 1$, im speciellen Falle für das Problem der drei Körper demnach fünf. Dabei ist zu beachten — was hier nur historisch, ohne Beweis, angeführt werden kann — dass einerseits die Producte $n(2\varsigma - \varsigma^2)$, $n'(2\varsigma' - \varsigma'^2)$, $n''(2\varsigma'' - \varsigma''^2)$ etc., wobei die n die entsprechenden mittleren Bewegungen der Planeten sind, und andrerseits die Producte $n'(2\tau' + \tau'^2)$, $n''(2\tau'' + \tau''^2)$ etc. Wurzeln je einer algebraischen Gleichung mit reellen Wurzeln sind. Der Umstand, dass die Zahl der ς um eine Einheit höher ist als die der τ, oder, was dasselbe besagt, dass die eine der Grössen τ verschwindet, ist begründet in der Thatsache, dass sich alle Planeten für alle Zeiten in einer durch den Sonnenschwerpunkt gelegten Ebene bewegen würden, wenn dieses in einem bestimmten Augenblicke der Fall wäre. Ist die Masse des einen Planeten, beispielsweise des p-ten Planeten, verschwindend klein gegenüber den Massen der übrigen, wie dies bei den kleinen Planeten gegenüber den grossen der Fall ist, so erniedrigen sich die Gleichungen für die ς und für die τ um einen Grad und geben für den p-ten Planeten keine Wurzel mehr; vielmehr müssen in diesem Falle $\varsigma^{(p)}$ und $\tau^{(p)}$ nach der Art und Weise ermittelt werden, welche in den nachstehenden Untersuchungen angewandt ist.

Hält man die im Folgenden benutzten Grundlagen fest, so scheint es nicht möglich, die Anzahl der Argumente zu erniedrigen, wenn nicht die Folge davon sein soll, dass schon in der ersten Annäherung «hyperelementäre» Glieder, d. h. Glieder auftreten, welche in den Bewegungsgleichungen von der minus ersten Ordnung in Bezug auf die Verhältnisse der Massen der p Planeten zur Masse der Sonne sind. Dem entsprechend würden dann in den folgenden Annäherungen Glieder von der minus zweiten, dritten etc. Ordnung in den Be-

wegungsgleichungen erscheinen und in Folge davon eine Convergenz der durch die Annäherungen erhaltenen Entwickelungen nicht möglich sein. Auf den Nachweis, dass bei den im Folgenden auftretenden Argumenten in erster Annäherung hyperelementäre Glieder nicht vorkommen, ist, als auf einen der für die Convergenz wesentlichsten Punkte, in den nachstehenden Untersuchungen ein wesentliches Gewicht gelegt worden.

Der Zweck der folgenden Untersuchungen ist: eine Grundlage für die dem speciellen Falle entsprechenden Rechnungen zu schaffen und diese Rechnungen in Bezug auf die Glieder mit Argumenten von den vier Formen A), B), C), D) und soweit die niedrigste Ordnung der Excentricitäten in Frage kommt, in extenso durchzuführen und so eine erste Näherung für die Bewegungen des gestörten Planeten herzustellen.

Ueber Lösungen des vorliegenden Problems hat der Verfasser bereits an zwei Stellen berichtet. Der erste Bericht[1]) betrifft einen Versuch, eine Lösung von beschränkter Gültigkeit zu erhalten, welcher mit den nachstehenden Untersuchungen nur in losem Zusammenhange steht; der zweite Bericht[2]) ist ein kurzes Resumé der im Folgenden auseinandergesetzten Methode.

---

1) «Ueber einen Versuch, eine beschränkt gültige Form der Bewegungen eines kleinen Planeten zu finden für den Fall, dass dessen mittlere Bewegung näherungsweise doppelt so gross ist, als die des Jupiter». Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, Jahrg. 20, Heft 4.

2) «Quelques remarques sur un cas spécial du problème des trois corps». Astronomiska iakttagelser och undersökningar anstälda på Stockholms Observatorium, Bd. 3, Heft 4.

ERSTES KAPITEL.

Die Differentialgleichungen der Bewegung.

1. Der Ort des Planeten von der Masse m sei bestimmt durch die drei rechtwinkligen, auf feste Axen bezogenen Coordinaten x_1, y_1, z_1; der Ort des Planeten von der Masse m' sei in ähnlicher Weise durch die Coordinaten x'_1, y'_1, z'_1 gegeben. Als Anfangspunkt der Coordinaten nehmen wir den Schwerpunkt der Sonne an, deren Masse überdies zur Einheit der Massen gewählt wird. Bezeichnet man dann weiter mit r und r' die Entfernungen der beiden Planeten vom Sonnenschwerpunkte, mit Δ die Entfernung der beiden Planeten von einander, mit H deren heliocentrische Winkelentfernung, mit t die Zeit in mittleren Tagen, mit k die Gauss'sche Constante und setzt man überdies

$$m_1 = 1 + m,$$
$$\Omega = \frac{m'}{m_1}\left(\frac{1}{\Delta} - \frac{r}{r'^2}\cos H\right),$$

so ergiebt sich die Bewegung des Planeten von der Masse m unter dem Einflusse der Anziehung der Sonne und des Planeten von der Masse m' durch die Integration der Differentialgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2x_1}{dt^2} + k^2m_1\frac{x_1}{r^3} &= k^2m_1\frac{\partial\Omega}{\partial x_1}, \\ \frac{d^2y_1}{dt^2} + k^2m_1\frac{y_1}{r^3} &= k^2m_1\frac{\partial\Omega}{\partial y_1}, \\ \frac{d^2z_1}{dt^2} + k^2m_1\frac{z_1}{r_3} &= k^2m_1\frac{\partial\Omega}{\partial z_1}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Wir führen statt der auf feste Axen bezogenen Coordinaten x_1, y_1, z_1 die rechtwinkligen auf denselben Anfangspunkt, aber auf bewegliche Axen bezogenen Coordinaten x, y, z ein unter Benutzung der Definitionsgleichungen [1]):

1) Cfr. Hansen, Auseinandersetzung einer zweckmässigen Methode zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten, I.

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} x_1 = \alpha x + \beta y + \gamma z, \\ y_1 = \alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1 z, \\ z_1 = \alpha_2 x + \beta_2 y + \gamma_2 z. \end{array} \right.$$

Die Coefficienten α, β, γ sind dabei als Functionen der Zeit zu betrachten, für welche man, abgesehen von den bekannten Bedingungen der Orthogonalität der Substitution 2), nämlich

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{ll} \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1, & \alpha\alpha_1 + \beta\beta_1 + \gamma\gamma_1 = 0 \\ \alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2 = 1, & \alpha\alpha_2 + \beta\beta_2 + \gamma\gamma_2 = 0 \\ \alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2 = 1, & \alpha_1\alpha_2 + \beta_1\beta_2 + \gamma_1\gamma_2 = 0 \end{array} \right.$$

erstens die Bedingung aufstellen kann, dass die ersten Differentialquotienten der Coordinaten x_1, y_1, z_1 gebildet werden dürfen, ohne die Variabilität der Coefficienten α, β, γ etc. zu berücksichtigen, was die Erfüllung der Gleichungen

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} x\frac{d\alpha}{dt} + y\frac{d\beta}{dt} + z\frac{d\gamma}{dt} = 0 \\ x\frac{d\alpha_1}{dt} + y\frac{d\beta_1}{dt} + z\frac{d\gamma_1}{dt} = 0 \\ x\frac{d\alpha_2}{dt} + y\frac{d\beta_2}{dt} + z\frac{d\gamma_2}{dt} = 0 \end{array} \right.$$

erfordert; zweitens aber kann man noch, da die Gleichungen 4) nur zwei unabhängige Bedingungsgleichungen ergeben, die folgenden zwei Bedingungsgleichungen:

$$(5) \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta\frac{d\alpha}{dt} + \beta_1\frac{d\alpha_1}{dt} + \beta_2\frac{d\alpha_2}{dt} = 0, \\ \alpha\frac{d\beta}{dt} + \alpha_1\frac{d\beta_1}{dt} + \alpha_2\frac{d\beta_2}{dt} = 0 \end{array} \right.$$

aufstellen, von welchen die eine eine Folge der anderen ist. Da in Folge dieser Gleichungen für jeden Werth von x und y die Coordinate z verschwindet, so ist die Ebene der xy die augenblickliche Ebene der Bewegung.

Beachtet man weiter die Relationen:

$$\begin{aligned} \frac{\partial\Omega}{\partial x} &= \alpha\frac{\partial\Omega}{\partial x_1} + \alpha_1\frac{\partial\Omega}{\partial y_1} + \alpha_2\frac{\partial\Omega}{\partial z_1}, \\ \frac{\partial\Omega}{\partial y} &= \beta\frac{\partial\Omega}{\partial x_1} + \beta_1\frac{\partial\Omega}{\partial y_1} + \beta_2\frac{\partial\Omega}{\partial z_1}, \\ \frac{\partial\Omega}{\partial z} &= \gamma\frac{\partial\Omega}{\partial x_1} + \gamma_1\frac{\partial\Omega}{\partial y_1} + \gamma_2\frac{\partial\Omega}{\partial z_1}, \end{aligned}$$

so erhält man die Gleichungen für die Bewegung in der Bahn leicht in der folgenden Gestalt:

$$(6) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2x}{dt^2} + k^2 m_1 \frac{x}{r^3} = k^2 m_1 \frac{\partial\Omega}{\partial x}, \\ \frac{d^2y}{dt^2} + k^2 m_1 \frac{y}{r^3} = k^2 m_1 \frac{\partial\Omega}{\partial y}. \end{array} \right.$$

Wir bezeichnen nun mit v die wahre Länge in der Bahn, gezählt von der variabelen x-Axe, und führen statt der rechtwinkligen Coordinaten x, y die Polarcoordinaten r und v vermittelst der Gleichungen $x = r\cos v$, $y = r\sin v$ ein. Die Gleichungen (6) nehmen dann folgende Gestalt an:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \frac{k^2m_1}{r^2} &= k^2m_1\frac{\partial\Omega}{\partial r}, \\ 2\frac{dv}{dt}\frac{dr}{dt} + r\frac{d^2v}{dt^2} &= k^2m_1\frac{1}{r}\frac{\partial\Omega}{\partial v}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7^a)$$

Wir setzen:

$$r^2\frac{\partial\Omega}{\partial r} = P, \quad \frac{r^2}{a(1-\eta^2)}\frac{\partial\Omega}{\partial v} = Q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

und nehmen dabei in Betreff der Grössen a und η vorerst nur an, dass die erstere constant, die letztere aber variabel sei. Durch Einführung der Bezeichnung (8) kann man die Gleichungen (7^a) in der folgenden Gestalt schreiben:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 &= \frac{k^2m_1}{r^2}\ (P-1), \\ \frac{dr^2\frac{dv}{dt}}{dt} &= \frac{k^2m_1}{r^2}a(1-\eta^2)\,Q. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7^b)$$

Das Integral der zweiten Gleichung kann, indem man die Grösse ν in geeigneter Weise bestimmt, durch die folgende Formel dargestellt werden:

$$r^2\frac{dv}{dt} = k\sqrt{am_1(1-\eta^2)(1+\nu)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Differentiirt man diese Formel, um ν zu bestimmen, nach t und vergleicht das Resultat mit der zweiten Formel (7^b), so findet man die Gleichung:

$$\frac{d\nu}{dv} = 2Q - (1+\nu)\frac{d\log(1-\eta^2)}{dv} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

Bei den folgenden Untersuchungen wird v als unabhängige Variabele angenommen werden, so dass uns in Folge dessen die Aufgabe erwächst, in der ersten Gleichung (7^b) t durch v zu ersetzen. Die Gleichung (9) ergiebt sofort:

$$\frac{dr}{dt} = -k\sqrt{am_1(1-\eta^2)(1+\nu)}\ \frac{d\frac{1}{r}}{dv}$$

und durch nochmalige Differentiation nach t mit Rücksicht auf dieselbe Gleichung:

$$\frac{d^2r}{dt^2} = -\frac{k^2am_1(1-\eta^2)(1+\nu)}{r^2}\left(\frac{d^2\frac{1}{r}}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\ \frac{d\frac{1}{r}}{dv}\right).$$

Die gewünschte transformirte Form der ersten Gleichung (7^b) ist also die folgende:

$$(11)\ldots\ldots\ldots\ldots \frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\frac{a}{r}}{dv} + \frac{a}{r} = \frac{1-P}{(1-\eta^2)(1+\nu)}.$$

Die Grösse $\frac{a}{r}$ zerlegen wir durch Einführung zweier neuer Variabelen ϱ_0 und ξ in zwei Theile nach der Formel:

$$(12)\ldots\ldots\ldots\ldots \frac{a}{r} = \frac{1+\varrho_0}{1-\eta^2} + \xi.$$

Die Gleichung (11) erhält man dann leicht in der Form:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{1}{1-\eta^2}\frac{d^2\varrho_0}{dv^2} + \frac{2\frac{d\eta^2}{dv}}{(1-\eta^2)^2}\frac{d\varrho_0}{dv} + \frac{2\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2}{(1-\eta^2)^3}(1+\varrho_0) + \frac{\frac{d^2\eta^2}{dv^2}}{(1-\eta^2)^2}(1+\varrho_0) + \frac{Q}{(1-\eta^2)(1+\nu)}\frac{d\varrho_0}{dv}\\ &+ \frac{Q\frac{d\eta^2}{dv}(1+\varrho_0)}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)} + \frac{1+\varrho_0}{1-\eta^2} + \frac{d^2\xi}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\cdot\frac{d\xi}{dv} + \xi\end{aligned}\right\} = \frac{1-P}{(1-\eta^2)(1+\nu)}.$$

Diese Gleichung zerfällen wir in die beiden folgenden:

$$(13)\ldots\ldots\ldots\ldots \frac{d^2\varrho_0}{dv^2} + (1-\varsigma)^2\varrho_0 = X,$$

$$(14)\left\{\begin{aligned}&\frac{d^2\xi}{dv^2} + \xi = -\frac{1}{1-\eta^2}\left(\frac{P}{1+\nu} + X\right) - \frac{\nu}{(1-\eta^2)(1+\nu)} - \frac{2\frac{d\eta^2}{dv}}{(1-\eta^2)^2}\frac{d\varrho_0}{dv} - \frac{Q}{(1-\eta^2)(1+\nu)}\frac{d\varrho_0}{dv}\\ &-(2\varsigma-\varsigma^2)\frac{\varrho_0}{1-\eta^2} - \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\xi}{dv} - \frac{2\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2}{(1-\eta^2)^3}(1+\varrho_0) - \frac{\frac{d^2\eta^2}{dv^2}}{(1-\eta^2)^2}(1+\varrho_0) - \frac{Q\frac{d\eta^2}{dv}(1+\varrho_0)}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)}.\end{aligned}\right.$$

In diesen Formeln bedeutet ς eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m', welche so bestimmt werden soll, dass weder in der rechten Seite der Gleichung (13), noch in der von (14), nachdem dieselben in der später ersichtlich werdenden Weise entwickelt sind, ein Glied von der Form Constans multiplicirt mit ϱ_0 vorkommt; X aber ist so zu bestimmen, dass die rechte Seite der Gleichung (14) keine Glieder enthält mit irgend einem der Argumente: $(1-\sigma')v - A'$, $(1-\sigma'')v - A''$ etc., in welchen die σ Constanten von der ersten Ordnung in den Massen der grossen Planeten und die A constante Winkel bedeuten. Das Auftreten von Gliedern mit den genannten Argumenten wird gleichfalls erst später klar werden. Hier genüge die Bemerkung, dass X eine Reihe von der folgenden Form:

$$X = -\varkappa'\cos\left((1-\sigma')v - A'\right) - \varkappa''\cos\left((1-\sigma'')v - A''\right) - \cdots$$

ist, in welcher die Coefficienten $\varkappa$ Constanten von der ersten Ordnung in der Masse m' sind.

Das Integral der Gleichung (13) ist dann, wie man sich sofort durch Differentiation überzeugt:

$$\left.\begin{aligned}\varrho_0 = \varkappa \cos\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right) &+ \frac{\varkappa'}{2(\varsigma-\sigma')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma'}{2}\right)} \cos\left((1-\sigma')v - A'\right)\\ &+ \frac{\varkappa''}{2(\varsigma-\sigma'')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma''}{2}\right)} \cos\left((1-\sigma'')v - A''\right) + \cdots\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

Die Grössen $\varkappa$ und Γ sind die beiden Integrationsconstanten. Die in $\varkappa'$, $\varkappa''$ etc. multiplicirten Glieder sind durch die Integration elementär geworden, indem sie Divisoren von der Ordnung der Massen der grossen Planeten erhalten haben.

Den Werth (15) von ϱ_0 kann man in Ein Glied zusammenziehen, wenn man die Grössen η und π durch die folgenden Formeln einführt:

$$\left.\begin{aligned}\eta\cos(\pi-\Gamma) = \varkappa &+ \frac{\varkappa'}{2(\varsigma-\sigma')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma'}{2}\right)} \cos\left((\sigma'-\varsigma)v + A' - \Gamma\right)\\ &+ \frac{\varkappa''}{2(\varsigma-\sigma'')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma''}{2}\right)} \cos\left((\sigma''-\varsigma)v + A'' - \Gamma\right) + \cdots,\\ \eta\sin(\pi-\Gamma) = &\frac{\varkappa'}{2(\varsigma-\sigma')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma'}{2}\right)} \sin\left((\sigma'-\varsigma)v + A' - \Gamma\right)\\ &+ \frac{\varkappa''}{2(\varsigma-\sigma'')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma''}{2}\right)} \sin\left((\sigma''-\varsigma)v + A'' - \Gamma\right) + \cdots;\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

man erhält hiermit:

$$\varrho_0 = \eta\cos\left((1-\varsigma)v - \pi\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

Die bisher willkürlich gelassene Grösse η soll eben durch die Formeln (16) bestimmt werden; η^2 ist also eine langperiodisch elementäre Funktion von ähnlicher Gestalt wie $\eta\cos(\pi-\Gamma)$; das erste Differential $\frac{d\eta^2}{dv}$ ist demnach eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m', das zweite Differential $\frac{d^2\eta^2}{dv^2}$ eine Grösse von der zweiten Ordnung in Bezug auf dieselbe Masse.

Da wir vorausgesetzt haben, dass in der rechten Seite der Gleichung (14) keine Glieder mit den bei ϱ_0 berücksichtigten Argumenten vorkommen, so könnte ξ nur in sofern elementäre Glieder, d. h. Glieder nullter Ordnung in der Masse m' enthalten, als derartige Glieder in der rechten Seite der Gleichung (14) vorkämen. Das einzige Glied von allen an der genannten Stelle vorkommenden, von welchem nicht ohne weiteres zu sehen ist, dass es mindestens von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' sein muss, ist das Glied:

$$-\frac{\nu}{(1-\eta^2)(1+\nu)}.$$

In der That könnte ν, da es durch Integration der Differentialgleichung (10) erhalten

wird, langperiodische elementäre Glieder von der Form der im Ausdrucke für $\eta \cos(\pi - \Gamma)$ vorkommenden Glieder enthalten, da, wenn in $\frac{dv}{dv}$ das Glied $b \sin(\sigma v + B)$ vorkommt, wobei b eine Constante von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m', σ eine Constante von der ersten Ordnung in Bezug auf die Massen der grossen Planeten und B einen constanten Winkel bedeutet, ν das Glied $-\frac{b}{\sigma}\cos(\sigma v + B)$ enthält. In dem Complexe $\frac{d^2\xi}{dv^2} + \xi$ würden dann ähnliche langperiodische elementäre Glieder vorkommen und da mit Rücksicht auf derartige Glieder der Ausdruck $\frac{d^2\xi}{dv^2}$ um zwei Ordnungen in Bezug auf die Masse m' höher ist als der Ausdruck ξ, so müsste ξ direkt die langperiodischen elementären Glieder enthalten, welche in der rechten Seite der Gleichung (14) vorkommen. Wir wollen nur den Nachweis führen, dass weder ξ noch ν langperiodische elementäre Glieder enthält.

2. Zu diesem Zwecke bedienen wir uns einer abkürzenden Bezeichnungsweise: Sind zwei Grössen a und b einander bis auf Glieder erster Ordnung in Bezug auf die Masse m' gleich, haben sie also dieselben Glieder nullter Ordnung in dieser Masse, so möge dies symbolisch dargestellt werden durch die Formel:

$$a = b + (\lambda).$$

Haben aber die beiden Grössen a und b ausser den Gliedern nullter Ordnung in der Masse m' noch diejenigen Glieder erster Ordnung gemeinsam, deren Argument die Form $\sigma v + B$ (man vergleiche den Schluss des vorigen Paragraphen) besitzt, so sei dies symbolisch dargestellt durch:

$$a = b + (\mu).$$

Man sieht hieraus, dass aus der Gleichung $a = b + (\lambda)$ durch Differentiation die Gleichung $\frac{da}{dv} = \frac{db}{dv} + (\mu)$ hervorgeht.

Nach der im vorigen Paragraphen gemachten Bemerkung ist, indem man vorerst unbestimmt lässt, zu welcher Grössenordnung in Bezug auf die Masse m' die Grössen ξ und ν gehören:

$$(1) \quad \xi = -\frac{\nu}{(1-\eta^2)(1+\nu)} + (\lambda).$$

Setzt man in diese Relation den aus den Gleichungen (12) und (17) folgenden Werth:

$$\xi = \frac{a}{r} - \frac{1+\eta\cos((1-\varsigma)v-\pi)}{1-\eta^2}$$

ein, so wird:

$$\eta\cos((1-\varsigma)v-\pi) = \frac{a}{r}(1-\eta^2) - 1 + \frac{\nu}{1+\nu} + (\lambda);$$

man erhält hieraus durch Differentiation nach v, indem man beachtet, dass ς, $\frac{d\eta \cos(\pi-\Gamma)}{dv}$, $\frac{d\eta \sin(\pi-\Gamma)}{dv}$, $\frac{d\eta^2}{dv}$ und $\frac{dv}{dv}$ Grössen erster Ordnung in der Masse m' sind, die Gleichung:

$$-\eta \sin((1-\varsigma)v-\pi) = \frac{d\frac{a}{r}}{dv}(1-\eta^2) + (\lambda)\cdot$$

Die Summe der Quadrate der beiden letzten Gleichungen ergiebt:

$$\eta^2 = \left(\frac{a}{r}(1-\eta^2) - \frac{1}{1+\nu}\right)^2 + \left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}(1-\eta^2)\right)^2 + (\lambda),$$

oder:

$$0 = -1 + \frac{2\frac{a}{r}}{1+\nu} + \left(1 - \frac{1}{(1+\nu)^2}\right)\frac{1}{1-\eta^2} - (1-\eta^2)\left(\left(\frac{a}{r}\right)^2 + \left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2\right) + (\lambda) \cdots\cdots \quad (2)$$

Die Differentiation dieser Gleichung nach v liefert:

$$\left.\begin{aligned}\left(\left(\frac{a}{r}\right)^2 + \left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2 + \frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}\right)\eta\frac{d\eta}{dv} = {} & \left(\frac{a}{r}(1-\eta^2) + \frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}(1-\eta^2) - \frac{1}{1+\nu}\right)\frac{d\frac{a}{r}}{dv} \\ & + \left(\frac{a}{r}(1-\eta^2) - \frac{1}{1+\nu}\right)\frac{1}{1-\eta^2}\cdot\frac{\frac{dv}{dv}}{(1+\nu)^2} + (\mu)\cdot\end{aligned}\right\} \ldots (3)$$

Man beachte, dass das letzte Glied dieser Gleichung (μ) und nicht (λ) ist.
Die Gleichung (11) des vorigen Paragraphen ergiebt weiter:

$$\frac{a}{r}(1-\eta^2) + \frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}(1-\eta^2) - \frac{1}{1+\nu} = -\frac{1}{1+\nu}\left(P + (1-\eta^2)\frac{d\frac{a}{r}}{dv}Q\right),$$

$$\frac{a}{r}(1-\eta^2) - \frac{1}{1+\nu} = -\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}(1-\eta^2) + (\lambda).$$

Die Gleichung (3) nimmt hiermit die folgende Gestalt an:

$$\left.\begin{aligned}\left(\left(\frac{a}{r}\right)^2 + \left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2 + \frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}\right)\eta\frac{d\eta}{dv} = {} & -\frac{1}{1+\nu}\left(P\frac{d\frac{a}{r}}{dv} + (1-\eta^2)Q\left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2\right) \\ & - \frac{\frac{dv}{dv}}{(1+\nu)^2}\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2} + (\mu).\end{aligned}\right\} \ldots (4)$$

Eliminirt man aus dieser, aus der Definitionsgleichung für η folgenden Relation und aus der Gleichung (10) des vorigen Paragraphen, d. h. der Gleichung:

$$\frac{1}{2}(1-\eta^2)\frac{\frac{dv}{dv}}{1+\nu} = \frac{(1-\eta^2)Q}{1+\nu} + \eta\frac{d\eta}{dv},$$

den Ausdruck $\eta \frac{d\eta}{dv}$, so erhält man, indem man sich der Bedeutung von P und Q erinnert:

$$(5)\ldots\ldots\ldots \begin{cases} \frac{1}{2}(1-\eta^2)\frac{\frac{dv}{dv}}{1+\nu}\left(\left(\frac{a}{r}\right)^2+\left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2+\frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}\right)= \\ \frac{a}{1+\nu}\left(\frac{\partial\Omega}{\partial v}+\frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv}\right)+\frac{(1-\eta^2)Q}{1+\nu}\cdot\frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}-\frac{\frac{dv}{dv}}{(1+\nu)^2}\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}+(\mu)\cdot \end{cases}$$

Die Störungsfunktion ist nun, wie leicht zu überblicken sein dürfte, durch die Substitution des Ausdruckes für r, wie er sich aus der Formel (12) des vorigen Paragraphen ergiebt, des analogen Ausdrucks für r' und der Formel:

$$\begin{aligned} \cos H &= \cos(v+\Pi)\cos(v'+\Pi')+\cos \mathrm{I}\sin(v+\Pi)\sin(v'+\Pi') \\ &= \cos^2\tfrac{\mathrm{I}}{2}\cos(v-v'+\Pi-\Pi')+\sin^2\tfrac{\mathrm{I}}{2}\cos(v+v'+\Pi+\Pi'), \end{aligned}$$

in welcher I, Π, Π' die bekannte Bedeutung haben, in eine Reihe von der folgenden Gestalt entwickelbar:

$$\Omega = \frac{m'}{m_1}\sum A_{s,\,s',\,\nu,\,\nu',\,p,\,p'}\,\varrho_0^{\,s}\,\varrho_0'^{\,s'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\cos(pv-p'v'+D_{s,\,s',\,\nu,\,\nu',\,p,\,p'}).$$

Die sechsfache Summe ist über alle ganzen positiven Zahlen s, s' ν, ν' die Null eingeschlossen und über alle positiven oder negativen ganzen Zahlen p, p', die Null gleichfalls eingeschlossen, zu erstrecken; ferner bedeuten v', ϱ_0' und η' für den Planeten von der Masse m' die den Grössen v, ϱ_0 und η analogen Werthe und $A\cos D$ und $A\sin D$ bedeuten Funktionen, welche Constanten sein würden, wenn I, Π, Π' ξ und ξ' constant wären, welche aber in Folge der Variabilität dieser Grössen als langperiodische elementäre Funktion von bezüglich dem Character von $\eta\cos(\pi-\Gamma)$ und $\eta\sin(\pi-\Gamma)$ angesehen werden müssen. Bei der Differentiation kann man, wenn man nur die Glieder niedrigster Ordnung in Bezug auf die Masse berücksichtigt, gleichwohl $A\cos D$ und $A\sin D$ als constant ansehen, indem die Differentiale derselben um eine Ordnung in Bezug auf die Masse höher sind, als die Ausdrücke selbst. Da nun:

$$\varrho_0 = \eta\cos((1-\varsigma)\,v-\pi)$$

und in analoger Weise: $\varrho_0' = \eta'\cos((1-\varsigma')\,v'-\pi')$

ist, so ist klar, dass Ω Glieder mit Argumenten von der Form $\sigma v+B$ nur enthalten kann, wenn $s=p$ und $s'=p'$ ist; diesem Falle entspricht das folgende Glied in Ω:

$$\Omega = \frac{m'}{m_1}A\,\eta^{p+2\nu}\,\eta'^{\,p+2\nu'}\cos(p\varsigma v-p'\varsigma'v'+p\pi-p'\pi'+D),$$

welches, wenn man v' in der später zu besprechenden Weise durch v ersetzt, die gewünschte Form besitzt.

Differentiirt man aber das Glied:

$$\Omega = \frac{m'}{m_1}A\varrho_0^{\,p}\,\varrho_0'^{\,p'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\cos(pv-p'v'+D),$$

so wird: $$\frac{\partial\Omega}{\partial v} = -\,p\,\frac{m'}{m_1}\,A\,\varrho_0^{\,p}\,\varrho_0'^{\,p'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\sin\left(pv - p'v' + D\right),$$

und, indem man nur die erste Potenz der Masse berücksichtigt,

$$\frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv} = \frac{\partial\Omega}{\partial\varrho_0}\frac{d\varrho_0}{dv} = \quad p\,\frac{m'}{m_1}\,A\,\varrho_0^{\,p-1}\,\frac{d\varrho_0}{dv}\,\varrho_0'^{\,p'}\,\eta^{2\nu}\eta'^{2\nu'}\cos\left(pv - p'v' + D\right),$$

also: $$\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv} = \left(\frac{d\varrho_0}{dv}\cos\left(pv - p'v' + D\right) - \varrho_0\sin\left(pv - p'v' + D\right)\right) p\,\frac{m'}{m_1}\,A\varrho_0^{\,p-1}\varrho_0'^{\,p'}\eta^{2\nu}\eta'^{2\nu'}.$$

Da nun:

$$\varrho_0 = \eta\cos\left((1-\varsigma)\,v - \pi\right),$$

$$\frac{d\varrho_0}{dv} = -\,\eta\sin\left((1-\varsigma)\,v - \pi\right) + (\lambda)$$

ist, so wird:

$$\frac{d\varrho_0}{dv}\cos\left(pv - p'v' + D\right) - \varrho_0\sin\left(pv - p'v' + D\right) = -\,\eta\sin\left((1+p-\varsigma)\,v - p'v' + D - \pi\right) + (\lambda),$$

oder, indem man Glieder zweiter Ordnung in der Masse m' vernachlässigt:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv} = -p\frac{m'}{m_1}A\varrho_0^{\,p-1}\,\varrho_0'^{\,p'}\,\eta^{2\nu+1}\,\eta'^{2\nu'}\sin\left((1+p-\varsigma)\,v - p'v' + D - \pi\right).$$

Beachtet man aber die Exponenten von ϱ_0 und ϱ_0', so ist sofort klar, dass dieser Complex im Allgemeinen keine Glieder mit Argumenten von der Form $\sigma v + B$ enthalten kann. Es giebt nämlich nur einen Fall, in welchem dieses Resultat eine Ausnahme erleidet, nämlich den Fall, dass das Verhältniss der mittleren Aenderungen von v und v' in der Zeiteinheit, oder was dasselbe sagt, der mittleren Bewegungen der beiden Planeten einem ganzzahligen Bruche bis auf eine mit ς vergleichbare Grösse nahe kommt. Diesen sicher sehr seltenen Fall, welcher eine ganz besondere Behandlung erfordert, schliessen wir an dieser Stelle von unseren Betrachtungen aus. Wir bemerken nur noch, dass in einem solchen Falle die Grösse ν eine willkürliche, durch die Beobachtungen zu bestimmende Constante als Factor enthält, und dass es in Folge dessen nur von dem Anfangszustande der Bewegung abhängt, ob ν und ξ Grössen von der Ordnung der Masse m' sind oder nicht. Schliessen wir also diesen Fall hier aus, so können in dem Complexe $\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv}$ Glieder mit Argumenten von der Form $\sigma v + B$ nur mindestens in das Quadrat der Masse m' multiplicirt vorkommen, oder es ist:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv} = (\mu).$$

Das Product von $\frac{a}{1+\nu}$ mit $\left(\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv}\right)$, ist, selbst wenn ν elementäre Glieder von der Form A) enthielte, wieder eine Funktion von der Form (μ), weil langperiodische Glieder mit Argumenten von der Form $\sigma v + B$ in dem Producte nur entstehen können, wenn man entweder die langperiodischen Glieder gleicher Form in (μ), welche aber von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m' sind, mit dem gleichförmigen Theile von $\frac{a}{1+\nu}$

multiplicirt, wobei dann aber eben die resultirenden langperiodischen Glieder mindestens von der zweiten Ordnung in Bezug auf m' sind ; oder , wenn man zweitens irgend ein anderes Glied in (μ) mit dem Argumente U nimmt und in $\frac{a}{1+\nu}$ ein Glied dessen Argument sich von U nur um eine Grösse von der Form $\sigma v + B$ unterscheidet. Alle Glieder von ν und folglich auch von $\frac{a}{1+\nu}$, welche ein Argument von einer anderen Form haben, als $\sigma v + B$, sind aber sicher von der ersten Ordnung in m', so dass also auch in diesem Falle die langperiodischen Glieder von der Form A) im Producte von (μ) mit $\frac{a}{1+\nu}$ von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse sind und folglich das Product wieder eine Funktion (μ) wird.

Die Gleichung (5) ergiebt also die folgende Relation:

$$\frac{1}{2}(1-\eta^2)\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\left(\left(\frac{a}{r}\right)^2+\left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2+\frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}\right)+\frac{\frac{d\nu}{dv}}{(1+\nu)^2}\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}=\frac{(1-\eta^2)Q}{1+\nu}\cdot\frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}+(\mu).$$

Da nun weiter nach der Gleichung (2):

$$\left(\frac{a}{r}\right)^2+\left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2-\frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)^2(1+\nu)^2}+\frac{1}{1-\eta^2}\left(1-\frac{2\frac{a}{r}}{1+\nu}\right)=(\lambda)$$

ist, so erhält man, indem man diese Gleichung mit $\frac{1}{2}(1-\eta^2)\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}$ multiplicirt und sie von der vorhergehenden subtrahirt, zuerst:

$$\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\left(\frac{2\nu+\nu^2}{(1-\eta^2)(1+\nu)^2}-\frac{1}{2}\right)+\frac{\frac{d\nu}{dv}}{(1+\nu)^2}\left(\frac{a}{r}+\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}\right)=\frac{Q(2\nu+\nu^2)}{(1-\eta^2)(1+\nu)^3}+(\mu).$$

Dann ergiebt aber die Gleichung (11) des vorigen Paragraphen:

$$\frac{a}{r}+\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2}=\frac{1}{(1-\eta^2)(1+\nu)}+(\lambda)$$

und mit Benutzung dieses Werthes nimmt schliesslich die erhaltene Gleichung die folgende Form an:

$$(6)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ \frac{1}{2}\cdot\frac{1+\eta^2}{1-\eta^2}\cdot\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}=\frac{Q(2\nu+\nu^2)}{(1-\eta^2)(1+\nu)^3}+(\mu).$$

Das Product von (μ) mit $\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2}(1+\nu)$ ist, wie nach Analogie der Bemerkung über das Product von (μ) mit $\frac{a}{1+\nu}$ ersichtlich ist, wieder eine Funktion von der Form (μ).

Es folgt also aus (5) die Gleichung:

$$(7)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ \frac{d\nu}{dv}=\frac{2Q}{1+\eta^2}\cdot\frac{2\nu+\nu^2}{(1+\nu)^2}+(\mu).$$

Dass es mit dieser Gleichung verträglich ist, ν als eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' anzusehen, also als eine Grösse, welche frei ist von elementären

Gliedern, ist sofort ersichtlich. Es ist nämlich unter dieser Voraussetzung das erste Glied der rechten Seite eine Grösse von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m' und folglich $\frac{dv}{dv} = (\mu)$, also $\nu = (\lambda)$, was mit der Voraussetzung übereinstimmt. Dass es aber nicht nur widerspruchsfrei ist, ν als eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' anzunehmen, sondern dass es nothwendig ist, erhellt durch die folgenden Betrachtungen. Wir nehmen an, es gäbe in ν ein elementäres Glied von langer Periode, dessen Argument die Form $\sigma v + B$ hat; dann können in dem ersten Gliede der rechten Seite der Gleichung (7) Glieder mit Argumenten von der Form $\sigma v + B$ und der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' angehörig nur entstehen, indem man auch in $\frac{2Q}{1+\eta^2}$ die Glieder mit ähnlichen Argumenten berücksichtigt; Glieder von dieser Form kommen aber in $\frac{2Q}{1+\eta^2}$ nur vor, in sofern sie mit Potenzen von η und η' multiplicirt sind, indem das Glied niedrigster Ordnung aus dem Ausdrucke:

$$\varrho\varrho' \sin(v - v' + D)$$

entsteht. Gäbe es nun ein elementäres Glied in ν, so müsste dieses also mindestens von der zweiten Ordnung in Bezug auf η und η' sein. Wir wollen annehmen, das dieses wirklich der Fall sei. Im Producte $\frac{2Q}{1+\eta^2} \cdot \frac{2\nu+\nu^2}{(1+\nu)^2}$ müssen dann die Glieder von der ersten Ordnung in Bezug auf m' mit Argumenten von der Form $\sigma v + B$ mindestens von der vierten Ordnung in η und η' sein, wie sofort klar ist, wenn man erwägt, dass Q eine Constante nicht enthält. Dieses widerspricht aber der Voraussetzung, dass $\frac{dv}{dv}$, welches sich von dem genannten Producte nur um Glieder von der Form (μ) unterscheiden soll, von der ersten Ordnung in der Masse m' und was die Glieder mit Argumenten von der Form $\sigma v + B$ betrifft, von der zweiten Ordnung in η und η' sei. Die erwähnten Glieder müssten also mindestens von der vierten Ordnung in η und η' sein; aus der Voraussetzung, dass dieses wirklich der Fall sei, ergiebt sich aber in ganz analoger Weise, dass sie mindestens der sechsten Ordnung in Bezug auf η und η' angehören müssen u. s. w. Es kann also ν überhaupt keine elementären Glieder enthalten, sondern muss vielmehr eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' sein. Die Gleichung (1) erweist dann sofort, dass Gleiches auch von ξ gilt.

Bestimmt man also vermittelst der Gleichung (9) des ersten Paragraphen, mit Berücksichtigung der Formel (12), die Zeit als Funktion der wahren Länge in der Bahn, vermittelst der Gleichung:

$$k\sqrt{\frac{m_1}{a^3}}\,dt = \frac{\sqrt{(1-\eta^2)^3}}{(1+\eta\cos((1-\varsigma)v-\pi))^2\,\sqrt{1+\nu}}\,dv\,, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (8)$$

so kommen in der Entwickelung der rechten Seite, da das erste Glied der Entwickelung von $\frac{\sqrt{(1-\eta^2)^3}}{(1+\eta\cos((1-\varsigma)v-\pi))^2}$ nach den Cosinus der Vielfachen von $(1-\varsigma)\,v-\pi$ die Einheit ist, keine langperiodischen elementären Glieder vor. Würde dieses nicht der Fall sein, so würden die

elementären langperiodischen Glieder der rechten Seite der Gleichung (8), deren Argumente die Form $\sigma v + B$ besitzen, bei der nochmaligen Integration nach v in t Glieder hervorrufen, welche nochmals Grössen σ von der Ordnung der Masse m' als Divisoren erhielten, sodass diese Glieder in t von der minus ersten Ordnung der Masse m' gross würden. Das Auftreten derartiger «hyperelementärer» Glieder aber muss verhindert werden, weil sie, wenn man sie in der ersten Annäherung erhielte, in der folgenden Annäherung Glieder erzeugen würden, welche von der minus zweiten etc. Ordnung in der Masse m' wären etc. Eine solche nach den fallenden Potenzen der Masse m' fortschreitende Annäherung ist sicher unbrauchbar. Hier ist das Auftreten von hyperelementären Gliedern verhindert worden erstens durch die Art und Weise wie die elementären Funktionen $\eta\cos(\pi-\Gamma)$ und $\eta\sin(\pi-\Gamma)$ in die rechte Seite der Gleichung (8) eingehen, und sodann durch die Definitionen für ξ und ν. Uebrigens ist wohl nicht zu bezweifeln, dass man die erwähnte Schwierigkeit auch durch andere Mittel beseitigen kann.

3. Den Veränderungen, welche die augenblickliche Bahn im Raume erleidet, werden wir durch die Berechnung der heliocentrischen Breite b des Planeten m über der festen Fundamentalebene der $x_1 y_1$ Rechnung tragen. Es sei $\zeta = \sin b$, sodass die Coordinate z_1 sich darstellen lässt durch die Formel:

$$z_1 = r\zeta.$$

Aus der 3. Gleichung (1) des ersten Paragraphen für z_1 können wir dann leicht eine Gleichung zur Bestimmung von ζ ableiten. Es ist nämlich:

$$\frac{d^2 z_1}{dt^2} = r\frac{d^2\zeta}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\zeta}{dt} + \zeta\frac{d^2 r}{dt^2}$$

und wenn man vermittelst der Gleichung (9) des ersten Paragraphen v als unabhängige Variabele an Stelle von t einführt:

$$r\frac{d^2\zeta}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\zeta}{dt} = \left(\frac{d^2\zeta}{dv^2} + \frac{d\log r^2\frac{dv}{dt}}{dv}\cdot\frac{d\zeta}{dv}\right) r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2,$$

oder, da nach der zweiten Gleichung (7^b) desselben Paragraphen:

$$\frac{d\log r^2\frac{dv}{dt}}{dv} = \frac{Q}{1+\nu}$$

ist:

$$r\frac{d^2\zeta}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\zeta}{dt} = \left(\frac{d^2\zeta}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\zeta}{dv}\right) r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2.$$

Weiter ist, indem man die erste Gleichung (7^b) mit ζ multiplicirt:

$$\zeta\frac{d^2 r}{dt^2} = \zeta r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \zeta\frac{k^2 m_1}{r^2}(P-1).$$

Aus der 3. Gleichung (1) des ersten Paragraphen erhält man also zur Bestimmung von ζ die Relation:

$$\left(\frac{d^2\zeta}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\zeta}{dv} + \zeta\right) r\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \zeta\frac{k^2 m_1}{r^2} P = k^2 m_1 \frac{\partial\Omega}{\partial z_1} \cdot \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Dieser Formel kann man eine einfachere Gestalt geben, wenn man sich der Gleichung für Ω erinnert. Einerseits ist diese Grösse bestimmt durch die Formeln:

$$\Omega = \frac{m'}{m_1}\left(\frac{1}{\Delta} - \frac{r}{r'^2}\cos H\right)$$
$$\Delta^2 = r^2 + r'^2 - 2rr'\cos H,$$

andererseits aber auch durch die folgenden Gleichungen:

$$\Omega = \frac{m'}{m_1}\left(\frac{1}{\Delta} - \frac{x_1 x'_1 + y_1 y'_1 + z_1 z'_1}{r'^3}\right)$$
$$\Delta^2 = (x_1 - x'_1)^2 + (y_1 - y'_1)^2 + (z_1 - z'_1)^2,$$

in welchen x'_1, y'_1, z'_1 die auf die eingeführten festen Axen bezogenen Coordinaten des Planeten von der Masse m' bedeuten. Die erste Form ergiebt mit Rücksicht auf die Gleichung (8) des ersten Paragraphen:

$$-\frac{\zeta P}{r^2} = \frac{m'}{m_1}\left(\left(\frac{r}{\Delta}\right)^3 - r^2 r'\cos H\left(\frac{1}{\Delta^3} - \frac{1}{r'^3}\right)\right)\frac{\zeta}{r^2};$$

die zweite Form dagegen:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial z_1} = \frac{m'}{m_1}\left(-\frac{r\zeta}{\Delta^3} + z'_1\left(\frac{1}{\Delta^3} - \frac{1}{r'^3}\right)\right).$$

In der Summe dieser beiden Werthe, welche in der Gleichung (1) vorkommt, fallen die ersten Glieder der rechten Seiten fort. Bezeichnet man schliesslich mit ζ' den Sinus der heliocentrischen Breite des Planeten m' über der Fundamentalebene der $x_1 y_1$, setzt man also:

$$z'_1 = r'\zeta'$$

und ferner:

$$\frac{m'}{m_1}\frac{r^3 r'}{a(1-\eta^2)}\left(\frac{1}{\Delta^3} - \frac{1}{r'^3}\right) = \frac{r^2}{a(1-\eta^2)}\frac{\partial\Omega}{\partial\cos H} = R, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

so nimmt die Gleichung (1), indem man Rücksicht auf die Gleichung (9) des ersten Paragraphen nimmt, die folgende Gestalt an:

$$\frac{d^2\zeta}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\zeta}{dv} + \zeta = \frac{\zeta' - \zeta\cos H}{1+\nu} \cdot R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Zerlegt man nun ζ in zwei Theile:

$$(4) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \zeta = s + w,$$

so kann man die aus der Gleichung (3) resultirende Formel leicht in die folgenden zwei Gleichungen zerspalten:

$$(5) \quad \cdots\cdots \quad \frac{d^2 s}{dv^2} + (1+\tau)^2 s = Z,$$

$$(6) \quad \cdots\cdots \quad \frac{d^2 w}{dv^2} + w = \frac{\zeta' - \zeta\cos H}{1+\nu} R - Z - \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\zeta}{dv} + (2\tau+\tau^2) s$$

Die Grösse s soll hierbei alle elementären Glieder einschliessen; zu diesem Zwecke muss die Constante τ von der Ordnung der Masse m' so bestimmt werden, dass der Ausdruck:

$$\frac{\zeta' - \zeta\cos H}{1+\nu} R - \frac{Q}{1+\nu}\frac{d\zeta}{dv}$$

kein Glied von der Form Constans mal s enthält. Ein solches Glied ist beispielsweise im Ausdrucke $\frac{\zeta\cos H}{1+\nu} R$ enthalten, indem die Entwickelung von $\frac{\cos H}{1+\nu} R$ eine Constante einschliesst und ζ in die zwei Theile s und w zerfällt. Weiter aber muss Z in geeigneter Weise so gewählt werden, dass w elementär werdende Glieder nicht enthalten kann. In welcher Weise dieses zu geschehen hat, ist nach Analogie der obigen Bemerkungen über die Gleichung für r sofort klar. Versteht man unter den θ Constanten von der ersten Ordnung in Bezug auf die Massen der grossen Planeten, so hat Z die Form:

$$Z = + b' \sin\left((1+\theta')\, v - B'\right) + b'' \sin\left((1+\theta'')\, v - B''\right) + \cdots .$$

Die b sind dabei gleichfalls Constanten von der ersten Ordnung in Bezug auf die Massen der grossen Planeten und die B constante Winkel. Es muss durch eine geeignete Wahl von Z bewirkt werden, dass die rechte Seite der Gleichung (6) Glieder von der angegebenen Form nicht enthält, w also eine Grösse von der Ordnung der Masse m' wird. Verstehen wir unter $\tilde{\omega}$ und E zwei Integrationsconstanten, so ergiebt die Integration der Gleichung (5) die elementären Glieder des Sinus der Breite in der folgenden Gestalt:

$$s = \tilde{\omega} \sin\left((1+\tau)\, v - \mathrm{E}\right) + \frac{b'}{2(\tau-\theta')\left(1+\frac{\tau+\theta'}{2}\right)} \sin\left((1+\theta')\, v - B'\right)$$
$$+ \frac{b''}{2(\tau-\theta'')\left(1+\frac{\tau+\theta''}{2}\right)} \sin\left((1+\theta'')\, v - B''\right) + \cdots$$

Beiläufig erinnern wir daran, dass aus hier nicht zu erörternden theoretischen Gründen, bei Berücksichtigung allein der ersten Potenz der Massen, eine der Grössen θ, es sei diess θ', gleich Null sein muss.

Um die elementären Glieder von s in Ein Glied zu vereinigen, bestimmen wir die langperiodisch elementären Funktionen $\sin \iota \cos(\sigma - \mathrm{E})$ und $\sin \iota \sin(\sigma - \mathrm{E})$ durch die folgenden Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned}
\sin \iota \cos(\sigma - \mathrm{E}) = \tilde{\omega} &+ \frac{b'}{2(\tau-\theta')\left(1+\frac{\tau+\theta'}{2}\right)} \cos\left((\tau-\theta')\, v + B' - \mathrm{E}\right) \\
&+ \frac{b''}{2(\tau-\theta'')\left(1+\frac{\tau+\theta''}{2}\right)} \cos\left((\tau-\theta'')\, v + B'' - \mathrm{E}\right) + \cdots, \\
\sin \iota \sin(\sigma - \mathrm{E}) = &\frac{b'}{2(\tau-\theta')\left(1+\frac{\tau+\theta'}{2}\right)} \sin\left((\tau-\theta')\, v + B' - \mathrm{E}\right) \\
&+ \frac{b''}{2(\tau-\theta'')\left(1+\frac{\tau+\theta''}{2}\right)} \sin\left((\tau-\theta'')\, v + B'' - \mathrm{E}\right) + \cdots
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

Wir erhalten dann:

$$s = \sin \iota \sin\left((1+\tau)\, v - \sigma\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

4. Die Bestimmung von r, v und ζ reicht ohne Weiteres nicht aus, um den Ort des Planeten von der Masse m anzugeben. Wir wollen die Formeln mittheilen, welche dazu dienen, um aus den genannten Grössen die Werthe der auf feste Axen bezogenen rechtwinkligen Coordinaten abzuleiten[1]).

Wir bezeichnen mit l die von der festen x_1-Axe gezählte heliocentrische Länge und, wie schon früher, mit b die heliocentrische Breite des Planeten m in Bezug auf die feste Ebene der $x_1\, y_1$, als Fundamentalebene. Dann ist:

$$\left.\begin{aligned}
x_1 &= r \cos b \cos l, \\
y_1 &= r \cos b \sin l, \\
z_1 &= r \sin b.
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Weiter nennen wir i den variabelen Winkel zwischen den Ebenen der $x_1 y_1$ und der $x\, y$, Θ den Winkel von der x_1-Axe bis zum aufsteigenden Knoten der Ebene der xy auf der Ebene der $x_1\, y_1$ und σ_0 den Winkel von der x-Axe bis zu demselben Knoten. Dann ist $v - \sigma_0$ die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Katheten $l - \Theta$ und b sind und in welchem der Kathete b der Winkel i gegenüber liegt. Es ist also:

$$\zeta = \sin b = \sin i \sin(v - \sigma_0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Da wir der im ersten Paragraphen eingeführten Transformation die Bedingung auf-

1) Cfr. Gyldén, Undersökningar af theorien för himlakropparnas rörelser, III, p. 28.

gelegt haben, dass man bei der ersten Differentiation die Coefficienten α, β, γ etc., welche sich einfach durch die drei Winkel i, Θ, σ_0 ausdrücken lassen, als Constanten ansehen darf, so folgt aus der Gleichung (2) durch Differentiation nach v:

$$(3) \quad \frac{d\zeta}{dv} = \sin i \cos (v - \sigma_0).$$

Weiter aber wird, indem man aus dem angegebenen Grunde i, Θ und σ_0 als Constanten betrachtet, nach einer bekannten Differentialformel für rechtwinklige sphärische Dreiecke:

$$\frac{dl}{dv} = \frac{\cos i}{\cos^2 b},$$

oder, wenn man die Gleichungen (2) und (3) beachtet:

$$\frac{dl}{dv} = \frac{\sqrt{1-\zeta^2 - \left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}}{1-\zeta^2}.$$

Indem man die Anfangslage der x-Axe in solcher Weise bestimmt, dass die Integrationsconstante, welche dem unbestimmten Integrale dieser Gleichung hinzuzufügen sein würde, verschwindet, erhält man:

$$(4) \quad l = v + \int \left(\frac{\sqrt{1-\zeta^2 - \left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}}{1-\zeta^2} - 1 \right) dv.$$

Wir fanden nun:

$$\zeta = \sin \iota \sin \left((1+\tau)\, v - \sigma\right) + w.$$

Da w in dieser Formel eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' ist, so können wir diese Formel in der schon früher benutzten Bezeichnungsweise symbolisch in der folgenden Weise schreiben:

$$\zeta = \sin \iota \sin \left((1+\tau)\, v - \sigma\right) + (\lambda).$$

Da nun aus der Differentiation der langperiodischen elementären Funktionen $\sin \iota \cos (\sigma - \mathrm{E})$ und $\sin \iota \sin (\sigma - \mathrm{E})$ Glieder von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' entstehen, so ist:

$$\frac{d\zeta}{dv} = \sin \iota \cos \left((1+\tau)\, v - \sigma\right) + (\lambda).$$

Setzt man diese beiden Ausdrücke in die Gleichung (4) ein, so wird:

$$l = v + \int \left(\frac{2 \cos \iota}{1+\cos^2 \iota} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\sin^2 \iota}{1+\cos^2 \iota} \cos 2\left((1+\tau)\, v - \sigma\right)} - 1 + (\lambda) \right) dv.$$

Entwickelt man aber den unter dem Integralzeichen stehenden Ausdruck in eine Reihe

nach den Cosinus der Vielfachen des Winkels $(1+\tau)\,v-\sigma$, so enthält die Entwickelung keine langperiodisch elementäre Funktion. Es können also auch hier keine hyperelementären Glieder auftreten.

5. Die in den vorigen Paragraphen ausgeführte Zerlegung des Radius vectors und des Sinus der heliocentrischen Breite in je zwei Theile, hatte den Zweck, die Grössenordnung der einzelnen Theile in Bezug auf die Masse m' klar zu stellen. Eine Zerlegung in der angedeuteten Weise bei numerischen Rechnungen dürfte aber in den Fällen approximativer Commensurabilität um so weniger vortheilhaft sein, als hier Grössen, welche im Allgemeinen der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' angehören, so kleine Divisoren erhalten können, dass sie mit elementären Gliedern durchaus vergleichbar sind. Mit Rücksicht auf diesen Fall nehmen wir die folgende Umformung vor.

Die Differentialgleichungen der Bewegung in der ursprünglichen Form waren die folgenden:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dv}{dv} &= 2Q-(1+\nu)\,\frac{d\log(1-\eta^2)}{dv},\\
\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2} &+ \frac{Q}{1+\nu}\,\frac{d\frac{a}{r}}{dv} + \frac{a}{r} = \frac{1-P}{(1-\eta^2)(1+\nu)},\\
\frac{dt}{dv} &= \frac{r^2}{k\sqrt{am_1(1-\eta^2)(1+\nu)}},\\
\frac{d^2\zeta}{dv^2} &+ \frac{Q}{1+\nu}\,\frac{d\zeta}{dv} + \zeta = \frac{\zeta'-\zeta\cos H}{1+\nu}\,R\,.
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Es erscheint nun vortheilhaft, statt r eine neue Variabele ϱ einzuführen vermittelst der Gleichung:

$$\frac{a}{r} = \frac{1+\varrho}{1-\eta^2}\cdot\frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Der letzte Factor der rechten Seite dieser Gleichung ist hinzugefügt, um die Grösse ν aus dem Verhältnisse $\frac{dt}{dv}$ wegzuschaffen. Durch Einführung dieser Form hat man aber ausserdem noch den wesentlichen Vortheil, dass in der Gleichung für ϱ, wie sich zeigen wird, nicht das Glied $\frac{Q}{1+\nu}\frac{d\varrho}{dv}$, sondern statt dessen das Glied $\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\frac{d\varrho}{dv}$ auftritt, welches viel leichter zu überblicken ist, als das erste. Aus demselben Grunde ist auch statt ζ eine neue Variabele φ vermittelst der Gleichung:

$$\zeta = \frac{\varphi}{\sqrt[4]{1+\nu}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

eingeführt worden.

Man findet dann leicht:

$$\frac{d\frac{a}{r}}{dv} = \frac{1}{1-\eta^2}\cdot\frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d\varrho}{dv} + \frac{(1+\varrho)}{\sqrt[4]{1+\nu}}\cdot\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{(1-\eta^2)^2} - \frac{1}{4}\cdot\frac{1+\varrho}{1-\eta^2}\cdot\frac{\frac{d\nu}{dv}}{\sqrt[4]{(1+\nu)^5}},$$

$$\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2} = \frac{1}{1-\eta^2}\cdot\frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d^2\varrho}{dv^2} + \frac{2}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d\varrho}{dv}\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{(1-\eta^2)^2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1-\eta^2}\cdot\frac{\frac{d\nu}{dv}}{\sqrt[4]{(1+\nu)^5}}\frac{d\varrho}{dv} - \frac{1}{2}(1+\varrho)\frac{\frac{d\nu}{dv}}{\sqrt[4]{(1+\nu)^5}}\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{(1-\eta^2)^2}$$

$$+\frac{1+\varrho}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{\frac{d^2\eta^2}{dv}}{(1-\eta^2)^2} + \frac{2(1+\varrho)}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2}{(1-\eta^2)^3} + \frac{1}{16}\cdot\frac{1+\varrho}{1-\eta^2}\cdot\frac{\left(\frac{d\nu}{dv}\right)^2}{\sqrt[4]{(1+\nu)^9}} - \frac{1}{4}\cdot\frac{1+\varrho}{1-\eta^2}\cdot\frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d}{dv}\left(\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right),$$

$$\frac{d\zeta}{dv} = \frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d\varphi}{dv} - \frac{1}{4}\varphi\frac{\frac{d\nu}{dv}}{\sqrt[4]{(1+\nu)^5}},$$

$$\frac{d^2\zeta}{dv^2} = \frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d^2\varphi}{dv^2} - \frac{1}{2}\frac{d\varphi}{dv}\frac{\frac{d\nu}{dv}}{\sqrt[4]{(1+\nu)^5}} + \frac{1}{16}\varphi\frac{\left(\frac{d\nu}{dv}\right)^2}{\sqrt[4]{(1+\nu)^9}} - \frac{1}{4}\frac{\varphi}{\sqrt[4]{1+\nu}}\frac{d}{dv}\left(\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right).$$

Das System (1) ergiebt hiermit leicht die folgenden Formeln:

$$(4)\quad\left\{\begin{array}{l}
\dfrac{d\nu}{dv} = 2Q + \dfrac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}(1+\nu),\\[2ex]
\dfrac{d^2\varrho}{dv^2} + \varrho = \dfrac{1-P}{\sqrt[4]{(1+\nu)^3}} - 1 - \dfrac{3}{2}\dfrac{d\varrho}{dv}\cdot\dfrac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2} + \dfrac{1+\varrho}{4}\dfrac{d}{dv}\left(\dfrac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)\\
\qquad - (1+\varrho)\left\{\dfrac{\frac{d^2\eta^2}{dv^2}}{1-\eta^2} + \dfrac{3}{2}\dfrac{\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2}{(1-\eta^2)^2} + \dfrac{1}{8}\dfrac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\dfrac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu} - \dfrac{1}{16}\left(\dfrac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)^2\right\},\\[2ex]
k\sqrt{\dfrac{m_1}{a^3}}\dfrac{dt}{dv} = \dfrac{\sqrt{(1-\eta^2)^3}}{(1+\varrho)^2},\\[2ex]
\dfrac{d^2\varphi}{dv^2} + \varphi = \dfrac{\zeta'}{\sqrt[4]{(1+\nu)^3}}R - \dfrac{\varphi}{1+\nu}\cos H\cdot R + \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\dfrac{d\varphi}{dv} + \dfrac{1}{4}\varphi\dfrac{d}{dv}\left(\dfrac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)\\
\qquad - \varphi\left\{\dfrac{1}{8}\cdot\dfrac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\dfrac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu} - \dfrac{1}{16}\left(\dfrac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)^2\right\}.
\end{array}\right.$$

Diess sind die Bewegungsgleichungen, welche den folgenden Untersuchungen zu Grunde liegen. Aus der dritten Gleichung geht hervor, warum für $\frac{a}{r}$ der Ansatz (2) gemacht ist; bei dieser Definition von r ist nämlich, wie schon bemerkt wurde, das Verhältniss $\frac{dt}{dv}$ frei von ν. Ferner beachte man, dass die zweiten Zeilen der Gleichungen für ϱ und für φ nur Glieder enthalten, welche in Bezug auf die Masse m' mindestens von der zweiten Ordnung sind.

Die Entwickelung der Störungsfunktion.

6. Die Entwickelung der Störungsfunktion ist in derselben Weise ausgeführt, welche im Wesentlichen von Herrn Gyldén in der citirten Abhandlung [1]) auseinandergesetzt worden ist. Gewisse Veränderungen und Détails der Entwickelung wurden mir durch die Theilnahme an den Rechnungen für die grossen Planeten zugänglich, welche Herr Gyldén ausführen lässt.

Der Vollständigkeit wegen wollen wir hier die wesentlichen Punkte der Entwickelung und die Formeln zur Berechnung der Coefficienten soweit mittheilen, als sie nothwendig sind, um in den Differentialquotienten der Störungsfunktion Glieder von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' und bis zur dritten Ordnung excl. in Bezug auf die Grössen η und η' zu berechnen.

Der wesentlichste Punkt bei dem vorliegenden Problem ist die Entwickelung der negativen ungeraden Potenzen der Entfernung Δ. Für unseren Zweck genügt es, die erste und dritte Potenz von $\frac{1}{\Delta}$ in Betracht zu ziehen. Da

$$\Delta^2 = r^2 + r'^2 - 2rr' \cos H$$

ist, so kann man die gewünschten Entwickelungen vorerst leicht in der folgenden Form erhalten:

$$\left.\begin{aligned} \frac{a}{\Delta} &= \frac{a'}{r'}\, C_0^{(1)} + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^2 \left(\frac{r}{a}\right) C_1^{(1)} \cos H + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^3 \left(\frac{r}{a}\right)^2 C_2^{(1)} \cos 2H + \cdots, \\ \left(\frac{a}{\Delta}\right)^3 &= \left(\frac{a'}{r'}\right)^3 C_0^{(3)} + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^4 \left(\frac{r}{a}\right) C_1^{(3)} \cos H + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^5 \left(\frac{r}{a}\right)^2 C_2^{(3)} \cos 2H + \cdots. \end{aligned}\right\} \ldots (1)$$

Setzt man:

$$\left.\begin{aligned} \lambda &= 1 - \left(\frac{r}{a}\right)^2 \left(\frac{a'}{r'}\right)^2, \\ \alpha &= \frac{a}{a'}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

so ist für die Planeten λ eine kleine Grösse von der Ordnung der Excentricitäten ihrer Bahnen und für kleine Planeten ist, wenn man die Anziehung durch Jupiter und Saturn berücksichtigen will, α eine Constante, welche kleiner als die Einheit ist. Für die Coefficienten der Entwickelung von $\frac{a}{\Delta}$ hat man dann den folgenden Integralausdruck:

---

1) Cfr. Gyldén, Undersökningar etc. II, p. 18 sqq., III, p. 48 sqq.

$$(3) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad C_n^{(1)} = \alpha^{n+1} \cdot \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^{2n} H \, dH}{\sqrt{1-\alpha^2 (1-\lambda) \sin^2 H}} \, .$$

Durch Entwickelung dieses Werthes nach den Potenzen der kleinen Grösse λ erhält man die Reihe:

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad C_n^{(1)} = \gamma_0^{1n} - \gamma_1^{1n} \lambda + \gamma_2^{1n} \lambda^2 - \cdots ,$$

in welcher die Coefficienten γ, welche Funktionen allein von α sind, durch die folgende Gleichung bestimmt werden:

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \gamma_s^{1n} = \frac{1.3.5\ldots(2s-1)}{2.4.6\ldots\ldots 2s} \, \alpha^{n+2s+1} \cdot \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^{2(n+s)} H \, dH}{\sqrt{(1-\alpha^2 \sin^2 H)^{2s+1}}} \, .$$

Es mögen hier die Vorschriften zur Berechnung der Coefficienten γ angesetzt werden, in der Weise, wie ich sie durch praktische Rechnungen als zweckmässig erprobt habe. Es sei:

$$(6) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \beta_n^{(s)} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^{2n} H \, dH}{\sqrt{(1-\alpha^2 \sin^2 H)^s}} \, ,$$

so dass also zwischen dem γ und β die Gleichung:

$$(7) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \gamma_s^{1n} = \frac{1.3.5\ldots(2s-1)}{2.4.6\ldots\ldots 2s} \, \alpha^{n+2s+1} \, \beta_{n+s}^{(2s+1)}$$

besteht. Dann wird man zuerst die $\beta_n^{(1)}$, d. h. diejenigen Werthe der β berechnen, deren oberer Index gleich 1 ist. Zu diesem Zwecke dient die Gleichung:

$$(2n+1) \, \beta_n^{(1)} - (2n+2)(1+\alpha^2) \, \beta_{n+1}^{(1)} + (2n+3) \, \alpha^2 \, \beta_{n+2}^{(1)} = 0 \, ,$$

welche, wenn man:

$$(a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \begin{cases} f_n = \frac{(2n+3)^2}{(2n+2)(2n+4)} \cdot \frac{\alpha^2}{(1+\alpha^2)^2} , \\ \lambda_n = \frac{2n+1}{2n+2} \cdot \frac{1}{1+\alpha^2} , \\ \mathfrak{z}_n = \frac{1}{\lambda_n} \cdot \frac{\beta_{n+1}^{(1)}}{\beta_n^{(1)}} \end{cases}$$

setzt, die Formel:

$$\mathfrak{z}_n - f_n \mathfrak{z}_n \mathfrak{z}_{n+1} = 1$$

und damit den Kettenbruch:

$$\vartheta_n = \cfrac{1}{1-f_n \cfrac{}{1-f_{n+1} \cfrac{}{1-f_{n+2} \cfrac{}{1-\ldots}}}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(b)}$$

ergiebt. Für den höchsten Werth von n, bis zu welchem man bei den Rechnungen zu gehen gedenkt — bei der Berechnung der Einwirkung des Jupiter auf die Bewegungen der kleinen Planeten dürfte bei ganz durchgeführten Rechnungen der Werth $n = 12$ vollständig ausreichen — berechnet man einen genügend genauen Näherungswerth dieses Kettenbruchs und bestimmt die Werthe der ϑ mit niedrigerem Index bis zu ϑ_0 vermittelst der Gleichung:

$$\vartheta_n = \frac{1}{1-f_n \vartheta_{n+1}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(c)}$$

Dann erhält man alle β mit dem oberen Index 1 aus dem Werthe $\beta_0^{(1)}$, welchen man als vollständiges elliptisches Integral erster Art:

$$\beta_0^{(1)} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dH}{\sqrt{1-\alpha^2 \sin^2 H}}$$

entweder aus den Legendre'schen Tafeln entnehmen oder besser vermittelst der Methode des arithmetisch-geometrischen Mittels direkt berechnen kann; es ist nämlich:

$$\beta_n^{(1)} = \beta_0^{(1)} \cdot p_0\, p_1\, p_2 \cdots\cdots p_{n-1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(d)}$$

Zur Abkürzung ist dabei die Bezeichnung:

$$p_n = \lambda_n \vartheta_n \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(e)}$$

eingeführt. Nachdem alle $\beta_n^{(1)}$ ermittelt sind, braucht man zur Berechnung der übrigen β nur $\beta^{(3)}$, $\beta^{(5)}$, $\beta^{(7)}$ etc. für den höchsten unteren Index auf irgend welche Weise zu berechnen und sich zur Ermittelung der übrigen der Recursionsgleichung:

$$\beta_n^{(s+2)} = \beta_n^{(s)} + \alpha^2 \beta_{n+1}^{(s+2)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(f)}$$

zu bedienen. Die Werthe von $\beta^{(3)}$ etc. für den höchsten Index und eventuell auch den Werth von $\beta_0^{(1)}$ bestimmt man aber am zweckmässigsten durch mechanische Quadratur[1]). Zu diesem Zwecke rechnet man die Werthe der Funktion:

---

1) Der Verfasser wurde auf den Werth dieser Methode bei der Berechnung von Integralen über Funktionen, welche im Integrationsintervalle eine Periode durchlaufen, von Herrn H. Bruns aufmerksam gemacht.

$$\frac{\sin^{2n} H}{\sqrt{(1-\alpha^2 \sin^2 H)^s}}$$

am zweckmässigsten für $H = 0^0$, 5^0, 10^0 etc. bis 90^0, addirt die Werthe, indem man nur die Hälften der Werthe, welche $H = 0^0$ und $H = 90^0$ entsprechen, ansetzt und multiplicirt die Summe mit $\frac{5^0}{57.^0295766} \cdot \frac{2}{\pi}$, wovon der Logarithmus gleich 8.7447275 ist. Das so erhaltene Product stellt den Werth des Integrals:

$$\beta_n^{(s)} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^{2n} H dH}{\sqrt{(1-\alpha^2 \sin^2 H)^s}}$$

beispielsweise für $\log \alpha = 9.792033$ für die in meinen Rechnungen vorkommenden Werthe der β logarithmisch in der sechsten Stelle der Mantisse noch richtig dar. Eine Vorstellung, wie weit sich der berechnete Werth von dem wahren Werthe befinden kann, erhält man dadurch, dass man die Summation der berechneten Werthe von:

$$\frac{\sin^{2n} H}{\sqrt{(1-\alpha^2 \sin^2 H)^s}}$$

für die Werthe 0^0, 10^0, 20^0 etc. und für die Werthe 5^0, 15^0, 25^0 etc. besonders ausführt. Jede dieser Reihen ergiebt dann mit num. 9.0457575 multiplicirt je einen Näherungswerth von $\beta_n^{(s)}$, deren Mittel viel genauer ist, als jeder einzelne Werth. Man vergleiche das dritte Kapitel, wo ein Beispiel für diese Methode gegeben ist. Die Vortheile dieser Methode gegenüber der Berechnung durch irgend welche Reihenentwickelung treten ausser durch das Gesagte noch durch die Bemerkung hervor, dass man die Werthe $\sin^2 H$ und $1-\alpha^2 \sin^2 H$ nur ein für alle Mal für alle Werthe der β zu berechnen hat, indem dieselben für die verschiedenen Werthe der β nur in verschiedene Potenzen zu erheben sind. Es ist wesentlich, die Rechnung in der angegebenen Weise so anzuordnen, dass man immer von grösseren unteren Indices zu kleineren fortschreitet, weil auf diese Weise die Fehler schon berechneter Werthe verkleinert eingehen, während sie in der umgekehrten Reihenfolge wachsen.

Bei der Entwickelung der Störungsfunktion habe ich von der Berücksichtigung der in ν und ν' multiplicirten Glieder abgesehen; es sind also in den Formeln:

$$\frac{a}{r} = \frac{1+\rho}{1-\eta^2} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}, \qquad \frac{a'}{r'} = \frac{1+\rho'}{1-\eta'^2} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu'}}$$

die Factoren $\frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu}}$ und $\frac{1}{\sqrt[4]{1+\nu'}}$, welche sich, wie wir nachgewiesen haben, nur um Grössen von der Ordnung der Massen der grossen Planeten von der Einheit unterscheiden, mit der Einheit vertauscht worden. Entwickelt man dann in dem Ausdrucke für $C_n^{(1)}$ die Potenzen von:

$$\lambda = 1 - \left(\frac{1-\eta^2}{1+\rho} \cdot \frac{1+\rho'}{1-\eta'^2}\right)^2$$

in Reihen nach ϱ, ϱ', η^2 und η'^2 und multiplicirt die so erhaltenen Reihen für $C_n^{(1)}$ mit dem in ähnlicher Weise in eine Reihe aufgelösten Factor:

$$\left(\frac{r}{a}\right)^n \left(\frac{a'}{r'}\right)^{n+1} = \left(\frac{1-\eta^2}{1+\varrho}\right)^n \left(\frac{1+\varrho'}{1-\eta'^2}\right)^{n+1},$$

so erhält man durch Substitution der erhaltenen Producte in den Werth der Störungsfunktion, nämlich:

$$\Omega = \frac{m'}{m_1}\left(\frac{1}{\Delta} - \frac{r}{r'^2}\cos H\right)$$

die folgende Reihe:

$$\left.\begin{aligned} a\,\frac{m_1}{m'}\,\Omega = \;& \Sigma\,(-1)^{\nu}\,\Omega\,(0ss')_{\nu\nu'}\,\varrho^{s}\,\varrho'^{s'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'} \\ & + 2\,\Sigma\,(-1)^{\nu}\,\Omega\,(1ss')_{\nu\nu'}\,\varrho^{s}\,\varrho'^{s'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\cos H \\ & + 2\,\Sigma\,(-1)^{\nu}\,\Omega\,(2ss')_{\nu\nu'}\,\varrho^{s}\,\varrho'^{s'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\cos 2H \\ & + \cdots \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Die Summation ist über alle Combinationen ss' $\nu\nu'$ ganzer positiver Zahlen, die Null eingeschlossen, zu erstrecken. Die niedrigsten Ω haben die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{aligned}
\Omega(n00)_{00} &= +\gamma_0^{1n} - \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n10)_{00} &= -n\gamma_0^{1n} - 2\gamma_1^{1n} + \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n01)_{00} &= +(n+1)\gamma_0^{1n} + 2\gamma_1^{1n} - [\alpha^2], \\
\Omega(n20)_{00} &= +\tfrac{n(n+1)}{2}\gamma_0^{1n} + (2n+3)\gamma_1^{1n} + 4\gamma_2^{1n} - \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n11)_{00} &= -n(n+1)\gamma_0^{1n} - 2(2n+3)\gamma_1^{1n} - 8\gamma_2^{1n} + [\alpha^2], \\
\Omega(n02)_{00} &= +\tfrac{n(n+1)}{2}\gamma_0^{1n} + (2n+3)\gamma_1^{1n} + 4\gamma_2^{1n} - \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n30)_{00} &= -\tfrac{n(n+1)(n+2)}{6}\gamma_0^{1n} - (n+2)^2\gamma_1^{1n} - 4(n+3)\gamma_2^{1n} - 8\gamma_3^{1n} + \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n21)_{00} &= +\tfrac{n(n+1)^2}{2}\gamma_0^{1n} + (3n^2+10n+9)\gamma_1^{1n} + 4(3n+8)\gamma_2^{1n} + 24\gamma_3^{1n} - [\alpha^2], \\
\Omega(n12)_{00} &= -\tfrac{n^2(n+1)}{2}\gamma_0^{1n} - (3n^2+8n+6)\gamma_1^{1n} - 4(3n+7)\gamma_2^{1n} - 24\gamma_3^{1n} + \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n03)_{00} &= +\tfrac{(n-1)n(n+1)}{6}\gamma_0^{1n} + (n+1)^2\gamma_1^{1n} + 4(n+2)\gamma_2^{1n} + 8\gamma_3^{1n} - [0], \\
\Omega(n00)_{10} &= +n\gamma_0^{1n} + 2\gamma_1^{1n} - \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n00)_{01} &= +(n+1)\gamma_0^{1n} + 2\gamma_1^{1n} - [\alpha^2], \\
\Omega(n10)_{10} &= -n^2\gamma_0^{1n} - 4(n+1)\gamma_1^{1n} - 8\gamma_2^{1n} + \left[\tfrac{\alpha^2}{2}\right], \\
\Omega(n10)_{01} &= -n(n+1)\gamma_0^{1n} - 2(2n+3)\gamma_1^{1n} - 8\gamma_2^{1n} + [\alpha^2], \\
\Omega(n01)_{10} &= +n(n+1)\gamma_0^{1n} + 2(2n+3)\gamma_1^{1n} + 8\gamma_2^{1n} - [\alpha^2], \\
\Omega(n01)_{01} &= +(n+1)^2\gamma_0^{1n} + 4(n+2)\gamma_1^{1n} + 8\gamma_2^{1n} - [2\alpha^2].
\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Die letzten, in eckigen Klammern angesetzten Glieder, welche von der Entwickelung des zweiten Gliedes $-\frac{m'}{m_1}\frac{r}{r'^2}\cos H$ der Störungsfunktion herrühren, sind eben deshalb nur für $n=1$ in Anwendung zu bringen, sonst aber wegzulassen.

Die Entwickelung für P folgt aus der Reihe (8) sehr leicht. Es ist nämlich nach der Definition:

$$P = r^3\frac{\partial\Omega}{\partial r} = -(1-\eta^2)\frac{\partial a\Omega}{\partial\varrho}\,.$$

Setzt man also:

$$(10)\quad \left\{\begin{aligned}\tfrac{m_1}{m'}P = {}& \Sigma(-1)^\nu P(0ss')_{\nu\nu'}\varrho^s\varrho'^{s'}\eta^{2\nu}\eta'^{2\nu'}\\ &+2\Sigma(-1)^\nu P(1ss')_{\nu\nu'}\varrho^s\varrho'^{s'}\eta^{2\nu}\eta'^{2\nu'}\cos H\\ &+2\Sigma(-1)^\nu P(2ss')_{\nu\nu'}\varrho^s\varrho'^{s'}\eta^{2\nu}\eta'^{2\nu'}\cos 2H\\ &+\cdots,\end{aligned}\right.$$

wobei die Summen in der schon angegebenen Weise zu nehmen sind, so hat man einfach:

$$(11)\quad \ldots\ldots P(nss')_{\nu\nu'} = -(s+1)\left(\Omega(n,s+1,s')_{\nu\nu'} + \Omega(n,s+1,s')_{\nu-1,\nu'}\right).$$

Die $\Omega(nss')_{\nu\nu'}$ in welchen irgend eine der Zahlen s, s', ν, ν' negativ werden würde, sind dabei, wegzulassen.

Die niedrigsten P haben die folgenden Werthe:

$$(12)\quad \left\{\begin{aligned}P(n00)_{00} &= -\Omega(n10)_{00}\,,\\ P(n10)_{00} &= -2\Omega(n20)_{00}\,,\\ P(n01)_{00} &= -\Omega(n11)_{00}\,,\\ P(n20)_{00} &= -3\Omega(n30)_{00}\,,\\ P(n11)_{00} &= -2\Omega(n21)_{00}\,,\\ P(n02)_{00} &= -\Omega(n12)_{00}\,,\\ P(n00)_{10} &= -\left(\Omega(n10)_{10} + \Omega(n10)_{00}\right),\\ P(n00)_{01} &= -\Omega(n10)_{01}\,.\end{aligned}\right.$$

Weiter erhält man nach der Formel:

$$Q = \frac{r^2}{a(1-\eta^2)}\frac{\partial\Omega}{\partial v} = \frac{1-\eta^2}{(1+\varrho)^2}\cdot\frac{\partial a\Omega}{\partial v}$$

aus der Entwickelung (8):

$$\left.\begin{aligned}\frac{m_1}{m'}\,Q = \quad & 2\,\Sigma\,(-1)^{\nu}\,Q\,(1ss')_{\nu\nu'}\,\varrho^{s}\,\varrho'^{s'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\,\frac{\partial\cos H}{\partial v} \\ & + 2\,\Sigma\,(-1)^{\nu}\,Q\,(2ss')_{\nu\nu'}\,\varrho^{s}\,\varrho'^{s'}\,\eta^{2\nu}\,\eta'^{2\nu'}\,\frac{\partial\cos 2H}{\partial v} \\ & + \cdots\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Dabei ist allgemein:

$$\left.\begin{aligned}Q(nss')_{\nu\nu'} = {} & \Omega(nss')_{\nu\nu'} - 2\Omega(n,s-1,s')_{\nu\nu'} + 3\Omega(n,s-2,s')_{\nu\nu'} - 4\Omega(n,s-3,s')_{\nu\nu'} \\ & + \cdots \\ & + \Omega(nss')_{\nu-1,\nu'} - 2\Omega(n,s-1,s')_{\nu-1,\nu'} + 3\Omega(n,s-2,s')_{\nu-1,\nu'} - 4\Omega(n,s-3,s')_{\nu-1,\nu'} \\ & + \cdots\end{aligned}\right\} \quad (14)$$

Die Reihen sind soweit fortzusetzen, als die Bedingung gestattet, dass $\Omega(nss')_{\nu\nu'}$, in welchen s oder ν negativ werden würde, wegzulassen sind.

Die niedrigsten Q haben die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{aligned}Q\,(n00)_{00} &= \Omega\,(n00)_{00}\,, \\ Q\,(n10)_{00} &= \Omega\,(n10)_{00} - 2\,\Omega\,(n00)_{00}\,, \\ Q\,(n01)_{00} &= \Omega\,(n01)_{00}\,, \\ Q\,(n20)_{00} &= \Omega\,(n20)_{00} - 2\,\Omega\,(n10)_{00} + 3\,\Omega\,(n00)_{00}\,, \\ Q\,(n11)_{00} &= \Omega\,(n11)_{00} - 2\,\Omega\,(n01)_{00}\,, \\ Q\,(n02)_{00} &= \Omega\,(n02)_{00}\,, \\ Q\,(n00)_{10} &= \Omega\,(n00)_{10} + \Omega\,(n00)_{00}\,, \\ Q\,(n00)_{01} &= \Omega\,(n00)_{01}\,.\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

7. Die vorstehende Entwickelung von Ω ist nicht geeignet, um $\frac{\partial\Omega}{\partial\cos H}$ daraus abzuleiten, da für ein nicht kleines α die Cofficienten der Cosinus der Vielfachen von H schlecht convergirende Reihen bilden. Statt dessen ist die folgende Entwickelung [1]) vorzuziehen.

Es ist:

$$\frac{\partial\Omega}{\partial\cos H} = \frac{m'}{m_1}\,rr'\left(\frac{1}{\Delta^3} - \frac{1}{r'^3}\right).$$

1) Cfr. Gyldén, Undersökningar III, p. 49 sqq.

Im Wesentlichen kommt es also darauf an, eine Entwickelung für $\left(\frac{a}{\Delta}\right)^3$ herzustellen. Mann kann dieselbe leicht aus der Entwickelung von $\frac{a}{\Delta}$ ableiten, indem man die Gleichung:

$$\left(\frac{a}{\Delta}\right)^3 = \alpha^2 \left(\frac{a'}{r'}\right)^2 \cdot \frac{1}{1-\alpha^2(1-\lambda)} \cdot \left(\frac{a}{\Delta} + 2r \frac{\partial \frac{a}{\Delta}}{\partial r}\right)$$

beachtet. Differentiirt man die oben angegebene Reihe für $\frac{a}{\Delta}$ nach r, so erhält man die Coefficienten E der Reihe:

$$(1)\ldots \quad r \frac{\partial \frac{a}{\Delta}}{\partial r} = \frac{a'}{r'} E_0^{(1)} + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^2 \left(\frac{r}{a}\right) E_1^{(1)} \cos H + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^3 \left(\frac{r}{a}\right)^2 E_2^{(1)} \cos 2H + \cdots$$

leicht in der Form:

$$(2) \ldots\ldots \quad E_n^{(1)} = n C_n^{(1)} - 2(1-\lambda) \frac{\partial C_n^{(1)}}{\partial \lambda} = \eta_0^{1n} - \eta_1^{1n} \lambda + \eta_2^{1n} \lambda^2 - \cdots$$

und für die η, ausgedruckt durch die γ, die Werthe:

$$(3) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \begin{cases} \eta_0^{1n} = 2\gamma_1^{1n} + n\gamma_0^{1n}, \\ \eta_1^{1n} = 4\gamma_2^{1n} + (n+2)\gamma_1^{1n}, \\ \eta_2^{1n} = 6\gamma_3^{1n} + (n+4)\gamma_2^{1n}, \\ \text{etc.} \end{cases}$$

Mit Benutzung dieser Reihe für die E und der früher abgeleiteten Reihe für $\frac{a}{\Delta}$ erhält man ohne Schwierigkeit die Werthe der Coefficienten C in der Reihe:

$$(4) \ldots\ldots\ldots \left(\frac{a}{\Delta}\right)^3 = \left(\frac{a'}{r'}\right)^3 C_0^{(3)} + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^4 \left(\frac{r}{a}\right) C_1^{(3)} \cos H + 2\left(\frac{a'}{r'}\right)^5 \left(\frac{r}{a}\right)^2 C_2^{(3)} \cos 2H + \cdots$$

Man findet:

$$(5) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \frac{1}{\alpha} C_n^{(3)} = \gamma_0^{3n} - \gamma_1^{3n} \lambda + \gamma_2^{3n} \lambda^2 - \cdots$$

wobei zur Abkürzung gesetzt ist:

$$(6) \ldots \begin{cases} \gamma_0^{3n} = \frac{\alpha}{1-\alpha^2}(\gamma_0^{1n} + 2\eta_0^{1n}), \\ \gamma_1^{3n} = \frac{\alpha}{1-\alpha^2}(\gamma_1^{1n} + 2\eta_1^{1n}) + \frac{\alpha^3}{(1-\alpha^2)^2}(\gamma_0^{1n} + 2\eta_0^{1n}), \\ \gamma_2^{3n} = \frac{\alpha}{1-\alpha^2}(\gamma_2^{1n} + 2\eta_2^{1n}) + \frac{\alpha^3}{(1-\alpha^2)^2}(\gamma_1^{1n} + 2\eta_1^{1n}) + \frac{\alpha^5}{(1-\alpha^2)^3}(\gamma_0^{1n} + 2\eta_0^{1n}), \\ \text{etc.} \end{cases}$$

Verfährt man dann weiter ganz ähnlich, wie vorher, so nimmt $R = \frac{r^2}{a(1-\eta^2)} \cdot \frac{\partial \Omega}{\partial \cos H}$ die folgende Gestalt an:

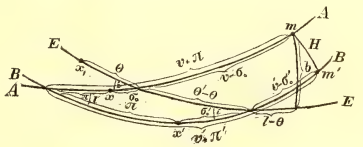
$$\left.\begin{aligned} \frac{m_1}{m'} R = & \quad \Sigma (-1)^{\nu} R (0ss')_{\nu\nu'} \rho^{s} \rho'^{s'} \eta^{2\nu} \eta'^{2\nu'} \\ & + 2 \Sigma (-1)^{\nu} R (1ss')_{\nu\nu'} \rho^{s} \rho'^{s'} \eta^{2\nu} \eta'^{2\nu'} \cos H \\ & + 2 \Sigma (-1)^{\nu} R (2ss')_{\nu\nu'} \rho^{s} \rho'^{s'} \eta^{2\nu} \eta'^{2\nu'} \cos 2H \\ & + \cdots \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Die niedrigsten R haben dabei die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{aligned} R (n00)_{00} &= + \gamma_0^{3n} - [\alpha^2], \\ R (n10)_{00} &= - (n+3) \gamma_0^{3n} - 2\gamma_1^{3n} + [3\alpha^2], \\ R (n01)_{00} &= + (n+2) \gamma_0^{3n} + 2\gamma_1^{3n} - [2\alpha^2], \\ R (n20)_{00} &= + \tfrac{(n+3)(n+4)}{2} \gamma_0^{3n} + (2n+9) \gamma_1^{3n} + 4\gamma_2^{3n} - [6\alpha^2], \\ R (n11)_{00} &= - (n+2)(n+3) \gamma_0^{3n} - 2(2n+7) \gamma_1^{3n} - 8\gamma_2^{3n} + [6\alpha^2], \\ R (n02)_{00} &= + \tfrac{(n+1)(n+2)}{2} \gamma_0^{3n} + (2n+5) \gamma_1^{3n} + 4\gamma_2^{3n} - [\alpha^2], \\ R (n00)_{10} &= + (n+2) \gamma_0^{3n} + 2\gamma_1^{3n} - [2\alpha^2], \\ R (n00)_{01} &= + (n+2) \gamma_0^{3n} + 2\gamma_1^{3n} - [2\alpha^2]. \end{aligned}\right\} \quad \ldots. (8)$$

Die in eckigen Klammern stehenden Ausdrücke, welche von der Entwickelung des zweiten Gliedes der rechten Seite der Gleichung für $\frac{\partial \Omega}{\partial \cos H}$ herrühren, sind eben deshalb nur für $n = 0$ zu berücksichtigen, sonst aber wegzulassen.

8. In den vorstehenden Entwickelungen sind noch die Cosinus der Vielfachen von H als Funktionen von v und v' darzustellen. Wir bedürfen zu diesem Zwecke mehrerer Bezeichnungen, welche am besten aus der beistehenden Figur entnommen werden. In derselben bedeuten: EE die Ebene der $x_1 y_1$, AA die augenblickliche Ebene der Bahn des Planeten m, BB die des Planeten m'.



Aus dieser Figur folgt:

$$\cos H = \cos (v+\Pi) \cos (v'+\Pi') + \sin (v+\Pi) \sin (v'+\Pi') \cos I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

und I, Π, Π', sind vermittelst der augenblicklichen Elemente $i, i', \Theta - \Theta'$ (Neigungen und Differenz der Längen der aufsteigenden Knoten der beiden Bahnen) bestimmt durch die Gleichungen:

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}
\sin\frac{\mathrm{I}}{2}\sin\frac{\Pi'+\sigma'_0+\Pi+\sigma_0}{2} &= -\sin\frac{\Theta-\Theta'}{2}\sin\frac{i+i'}{2},\\
\sin\frac{\mathrm{I}}{2}\cos\frac{\Pi'+\sigma'_0+\Pi+\sigma_0}{2} &= +\cos\frac{\Theta-\Theta'}{2}\sin\frac{i-i'}{2},\\
\cos\frac{\mathrm{I}}{2}\sin\frac{\Pi'+\sigma'_0-\Pi-\sigma_0}{2} &= -\sin\frac{\Theta-\Theta'}{2}\cos\frac{i+i'}{2},\\
\cos\frac{\mathrm{I}}{2}\cos\frac{\Pi'+\sigma'_0-\Pi-\sigma_0}{2} &= +\cos\frac{\Theta-\Theta'}{2}\cos\frac{i-i'}{2}.
\end{aligned}\right.$$

Man findet hieraus direkt nur I, $\Pi+\sigma_0$ und $\Pi'+\sigma'_0$, dagegen sind σ_0 und σ'_0 bestimmt durch die aus der Figur unmittelbar abzulesende Bedingung, dass für $l=\Theta$, $v=\sigma_0$ werden muss, so dass also σ_0 zu ermitteln ist durch die Gleichung:

$$(3)\quad \sigma_0+\left(\int\left(\frac{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}}{1-\zeta^2}-1\right)dv\right)_{v=\sigma_0}=\Theta,$$

welche aus der Gleichung (4) des vierten Paragraphen durch die angegebene Substitution hervorgeht. Eine ganz analoge Gleichung besteht auch zur Bestimmung von σ'_0. In erster Näherung hat man nach den Untersuchungen des vierten Paragraphen $\sigma_0=\Theta$ und $\sigma'_0=\Theta'$ zu setzen.

Nach den Formeln (2) und (3) kann man nur die augenblicklichen Werthe von I, Π und Π' ermitteln, während es für die Formel (1) nothwendig ist, die Veränderungen dieser Grössen analytisch darzustellen. Ueber die Bestimmung dieser Veränderungen wollen wir einige Bemerkungen hinzufügen.

Die Figur ergiebt die folgenden Differentialgleichungen:

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned}
\frac{d\mathrm{I}}{dv} &= \cos(\Pi+\sigma_0)\frac{di}{dv}-\sin i\sin(\Pi+\sigma_0)\frac{d\Theta}{dv}\\
&\quad -\cos(\Pi'+\sigma'_0)\frac{di'}{dv}+\sin i'\sin(\Pi'+\sigma'_0)\frac{d\Theta'}{dv}\\
\sin\mathrm{I}\frac{d(\Pi+\sigma_0)}{dv} &= -\cos\mathrm{I}\sin(\Pi+\sigma_0)\frac{di}{dv}-\sin i'\cos(\Pi'+\sigma'_0)\frac{d\Theta}{dv}\\
&\quad +\sin(\Pi'+\sigma'_0)\frac{di'}{dv}+\sin i'\cos(\Pi'+\sigma'_0)\frac{d\Theta'}{dv}\\
\sin\mathrm{I}\frac{d(\Pi'+\sigma'_0)}{dv} &= -\sin(\Pi+\sigma_0)\frac{di}{dv}-\sin i\cos(\Pi+\sigma_0)\frac{d\Theta}{dv}\\
&\quad +\cos\mathrm{I}\sin(\Pi'+\sigma'_0)\frac{di'}{dv}+\sin i\cos(\Pi+\sigma_0)\frac{d\Theta'}{dv}.
\end{aligned}\right.$$

Das rechtwinklige Dreieck mit der Hypotenuse $v-\sigma_0$ und den Katheten $l-\Theta$ und b, in welchem i der der Kathete b gegenüberliegende Winkel ist, ergiebt in einfacher Weise zwei Gleichungen zwischen den Differentialquotienten $\frac{di}{dv}$, $\frac{d\sigma_0}{dv}$ und $\frac{d\Theta}{dv}$. Da man nämlich die

aus diesem Dreiecke folgenden Relationen nach der Bedingung unserer Substitution differentiiren kann, indem man allein v, l und b als Variabel betrachtet, so ergeben sie auch richtige Resultate, indem man andererseits nur i, σ_0 und Θ als variabel ansieht. Auf diese Weise erhält man sofort die zwei folgenden Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\sigma_0}{dv} &= \operatorname{ctg} i \operatorname{tg} (v-\sigma_0)\ \frac{di}{dv} \\ \frac{d\Theta}{dv} &= \frac{1}{\cos i}\ \frac{d\sigma_0}{dv} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (5)$$

Nach Paragraph 4 ist aber weiter:

$$\zeta = \sin i \sin (v-\sigma_0)\,,\ \frac{d\zeta}{dv} = \sin i \cos (v-\sigma_0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (6)$$

Da aber hieraus die Gleichung:

$$\sin i = \sqrt{\zeta^2 + \left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}\,,$$

also durch Differentiation die Relation:

$$\frac{di}{dv} = \frac{\left(\zeta + \frac{d^2\zeta}{dv^2}\right)\frac{d\zeta}{dv}}{\sqrt{\zeta^2+\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}\ \sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (7)$$

hervorgeht, so geben die Gleichungen (5), indem man $\operatorname{ctg} i \operatorname{tg} (v-\sigma_0)$ und $\frac{1}{\cos i}$ vermittelst der Gleichungen (6) durch ζ und $\frac{d\zeta}{dv}$ ausdrückt, über in die Formeln:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\sigma_0}{dv} &= \zeta\ \frac{\zeta + \frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\zeta^2+\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}\,, \\ \frac{d\Theta}{dv} &= \zeta\ \frac{\zeta + \frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\left(\zeta^2+\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2\right)} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}}\,. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (8)$$

Die Substitution der Gleichungen (7) und (8) in die Formeln (4) ergiebt die Relationen:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\Pi}{dv} &= \frac{\zeta + \frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}} \cos (v+\Pi) - \cos (\Pi'+\sigma'_0)\,\frac{di'}{dv} + \sin i' \sin (\Pi'+\sigma'_0)\,\frac{d\Theta'}{dv}\,, \\ \sin \mathrm{I}\,\frac{d\Pi}{dv} &= -\frac{\zeta + \frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}} \cos \mathrm{I} \sin (v+\Pi) + \sin (\Pi'+\sigma'_0)\,\frac{di'}{dv} + \sin i' \cos (\Pi'+\sigma'_0)\,\frac{d\Theta'}{dv}\,, \\ \sin \mathrm{I}\,\frac{d\Pi'}{dv} &= -\frac{\zeta + \frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}} \sin (v+\Pi) + \left(\sin (\Pi'+\sigma'_0)\,\frac{di'}{dv} + \sin i' \cos (\Pi'+\sigma'_0)\,\frac{d\Theta'}{dv}\right)\cos \mathrm{I}. \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

An Stelle der beiden letzten Gleichungen kann man die folgenden setzen:

$$(10)\quad \cdots\cdots \begin{cases} \sin I \frac{d(\Pi-\Pi')}{dv} = & 2\frac{\zeta+\frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}} \sin^2\frac{I}{2}\sin(v+\Pi) \\ & +2\left(\sin(\Pi'+\sigma'_0)\frac{di'}{dv}+\sin i'\cos(\Pi'+\sigma'_0)\frac{d\Theta'}{dv}\right)\sin^2\frac{I}{2}, \\ \sin I \frac{d(\Pi+\Pi')}{dv} = & -2\frac{\zeta+\frac{d^2\zeta}{dv^2}}{\sqrt{1-\zeta^2-\left(\frac{d\zeta}{dv}\right)^2}} \cos^2\frac{I}{2}\sin(v+\Pi) \\ & +2\left(\sin(\Pi'+\sigma'_0)\frac{di'}{dv}+\sin i'\cos(\Pi'+\sigma'_0)\frac{d\Theta'}{dv}\right)\cos^2\frac{I}{2}. \end{cases}$$

Hiernach sind die Veränderungen von I, Π und Π' sofort bekannt, wenn man den Werth für ζ abgeleitet hat; die Werthe von $\frac{di'}{dv}$ und $\frac{d\Theta'}{dv}$ sind aus der Theorie der Bewegung des Planeten m' abzuleiten; die Ermittelung derselben gehört nicht in das Bereich unseres Problems. Für den Ausdruck $\zeta+\frac{d^2\zeta}{dv^2}$, welcher von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' ist, kann man den Werth, welcher aus der Gleichung (3) des Paragraphen 3 folgt, substituiren.

Bezeichnet man mit $\cos H_0$ den Werth von $\cos H$, welchen man erhält, indem man für I, Π und Π' die constanten Anfangswerthe einer bestimmten Epoche setzt und mit δI, $\delta\Pi$, $\delta\Pi'$ die variabelen durch die Integrationen der Gleichungen (9) zu ermittelnden Correctionen, welche man zu diesen Anfangswerthen hinzuzufügen hat, um die wahren Werthe zu erhalten, so ist:

$$(11)\quad \cdots\cdots \begin{cases} \cos H = \cos H_0 & -\cos^2\frac{I}{2}\sin(v-v'+\Pi-\Pi')\,\delta(\Pi-\Pi') \\ & -\sin^2\frac{I}{2}\sin(v+v'+\Pi+\Pi')\,\delta(\Pi+\Pi') \\ & -\sin\frac{I}{2}\cos\frac{I}{2}\cos(v-v'+\Pi-\Pi')\,\delta I \\ & +\sin\frac{I}{2}\cos\frac{I}{2}\cos(v+v'+\Pi+\Pi')\,\delta I \\ & +\text{etc.} \end{cases}$$

Weil die von den «Störungen» δI, $\delta\Pi$, $\delta\Pi'$ im Ausdrucke für $\cos H$ herrührenden Glieder in der Entwickelung der Störungsfunktion von der Ordnung Massequadrat mal Quadrat der Neigung I der beiden Bahnen gegen einander sind, wird es wohl selbst bei genauen Rechnungen ausreichen, die Constanten in $\frac{d\Pi}{dv}$, $\frac{d\Pi'}{dv}$ zu berücksichtigen. Die von diesen Constanten herrührenden Veränderungen sind dann natürlich, weil sie in Π und Π' Glieder von der Form Constans mal v erzeugen, in den Argumenten der trigonometrischen

Funktionen $\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v+\Pi)$ und $\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v'+\Pi')$ beizubehalten, um zu vermeiden, dass die Entwickelung der Störungsfunktion die Grösse v ausserhalb von Winkeln enthalte.

9. Vorerst ist nur die Formel für $\cos H$ abgeleitet worden; vermittelst derselben sind nun die Cosinus der Vielfachen von H zu bestimmen. Dazu dienen bekannte Formeln[1]).

Wir setzen:

$$\left.\begin{aligned} \sin^2\frac{I}{2} &= \nu\,,\\ v-v'+\Pi-\Pi' &= x\,,\\ v+v'+\Pi+\Pi' &= y\,, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

und erhalten dann der Reihe nach die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{aligned}
\cos H &= (1-\nu)\cos x+\nu\cos y\,,\\
\cos 2H &= -2\nu(1-\nu)+(1-\nu)^2\cos 2x+\nu^2\cos 2y\\
&\quad +2\nu(1-\nu)\cos(x+y)+2\nu(1-\nu)\cos(x-y)\,,\\
\cos 3H &= -\nu(2-3\nu)(3-3\nu)\cos x+\nu(1-3\nu)(3-3\nu)\cos y+(1-\nu)^3\cos 3x\\
&\quad +\nu^3\cos 3y+3\nu(1-\nu)^2\cos(2x+y)+3\nu(1-\nu)^2\cos(2x-y)\\
&\quad +3\nu^2(1-\nu)\cos(x+2y)+3\nu^2(1-\nu)\cos(x-2y)\,,\\
\cos 4H &= -\nu(2-2\nu)(1-3\nu)(2-3\nu)-8\nu(1-\nu)^2(1-2\nu)\cos 2x\\
&\quad +8\nu^2(1-\nu)(1-2\nu)\cos 2y+4\nu(1-\nu)(1-6\nu+6\nu^2)\cos(x+y)\\
&\quad +4\nu(1-\nu)(1-6\nu+6\nu^2)\cos(x-y)+(1-\nu)^4\cos 4x+\nu^4\cos 4y\\
&\quad +6\nu^2(1-\nu)^2\cos(2x+2y)+6\nu^2(1-\nu)^2\cos(2x-2y)\\
&\quad +4\nu(1-\nu)^3\cos(3x+y)+4\nu(1-\nu)^3\cos(3x-y)\\
&\quad +4\nu^3(1-\nu)\cos(x+3y)+4\nu^3(1-\nu)\cos(x-3y),\\
&\quad \text{etc.}
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Die für die Entwickelung von $\frac{\partial\Omega}{\partial v}$ nöthigen Werthe von $\frac{\partial\cos nH}{\partial v}$ erhält man daraus leicht; die ersten Formeln sind die folgenden:

---

1) Cfr. F. Tisserand, Développement de la fonction perturbatrice etc., Annales de l'Observatoire de Paris, Mémoires, Tome XV und O. Backlund, Zur Entwickelung der Störungsfunction, Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, VII-e Série, Tome XXXII, № 4.

$$
(3)\quad
\begin{cases}
-\frac{\partial \cos H}{\partial v} = & (1-\nu)\sin x + \nu \sin y, \\
-\frac{\partial \cos 2H}{\partial v} = & 2(1-\nu)^2 \sin 2x + 2\nu^2 \sin 2y + 4\nu(1-\nu)\sin(x+y), \\
-\frac{\partial \cos 3H}{\partial v} = & -\nu(2-3\nu)(3-3\nu)\sin x + \nu(1-3\nu)(3-3\nu)\sin y + 3(1-\nu)^3 \sin 3x \\
& + 3\nu^3 \sin 3y + 9\nu(1-\nu)^2 \sin(2x+y) + 3\nu(1-\nu)^2 \sin(2x-y) \\
& + 9\nu^2(1-\nu)\sin(x+2y) - 3\nu^2(1-\nu)\sin(x-2y), \\
-\frac{\partial \cos 4H}{\partial v} = & -16\nu(1-\nu)^2(1-2\nu)\sin 2x + 16\nu^2(1-\nu)(1-2\nu)\sin 2y \\
& + 8\nu(1-\nu)(1-6\nu+6\nu^2)\sin(x+y) + 4(1-\nu)^4 \sin 4x + 4\nu^4 \sin 4y \\
& + 24\nu^3(1-\nu)^2 \sin(2x+2y) + 16\nu(1-\nu)^3 \sin(3x+y) \\
& + 8\nu(1-\nu)^3 \sin(3x-y) + 16\nu^3(1-\nu)\sin(x+3y) - 8\nu^3(1-\nu)\sin(x-3y), \\
\text{etc.}
\end{cases}
$$

Die weiteren Formeln kann man entweder durch mechanische Multiplication oder unter Benutzung der in den genannten Abhandlungen angegebenen Formeln ableiten.

10. Die Form der in den Paragraphen 1 bis 5 auseinander gesetzten Bewegungsgleichungen bietet gewisse, namentlich für den von uns weiterhin zu behandelnden Specialfall wesentliche Vortheile dar, welche wir durch Anwendung der Formeln, welche Herr Gyldén für die Berechnung der Bewegungen der Planeten vorgeschrieben hat und deren Grundzüge in seinen Abhandlungen «Undersökningar af theorien för himlakropparnas rörelser» dargestellt sind, nicht erreicht haben würden. Auf einen der Punkte, durch welchen man einen Vortheil gegenüber Herrn Gyldén's Formeln gewinnt, möge schon hier hingewiesen werden. Indem man für $\cos nH$ die Entwickelung des vorigen Paragraphen substituirt, erhält man das allgemeine Glied der Entwickelung von $\frac{m_1}{m'}\Omega$ in der folgenden Gestalt:

$$U_{s,s',j,j'} = A_{s,s',j,j'}\, \varrho^s \varrho'^{s'} \eta^{2j} \eta'^{2j'} \cos\big((j+j')(v+\Pi) - (j-j')(v'+\Pi')\big).$$

Darin bedeuten j und j' ganze Zahlen und in den Coefficienten A können, da sie von der Grösse $\sin^2\frac{I}{2}$ abhängen und indem man die langperiodischen, elementären Theile dieser Funktion berücksichtigt, gleichfalls langperiodische Glieder vorkommen, so dass die Coefficienten A ähnliche Beschaffenheit haben, wie die Funktion $\eta\cos(\pi-\Gamma)$ des ersten Paragraphen. Setzt man nun für ϱ und ϱ' vorerst nur die elementären Theile:

$$\varrho = \eta\cos\big((1-\varsigma)v-\pi\big), \qquad \varrho' = \eta'\cos\big((1-\varsigma')v'-\pi'\big)$$

ein, so enthält $U_{s,s',j,j'}$ beispielsweise ein Glied mit dem Argumente:

$$(j+j'+s)v - (j-j'+s')v' + (j+j')\Pi - (j-j')\Pi' - s\pi + s'\pi' - s\varsigma v - s'\varsigma' v'.$$

Ferner sieht man leicht, dass allgemein in dem Ausdrucke:

$$U_{s+p+p',\,s'+p-p',\,j-p,\,j'-p'} = A_{s+p+p',\,s'+p+p',\,j-p,\,j'-p'}\,\varrho^{s+p+p'}\,\varrho'^{s'+p-p'}\,\eta^{2v}\,\eta'^{2v'}$$
$$\times\cos\big((j+j'-p-p')(v+\Pi)-(j-j'-p+p')(v'+\Pi')\big)$$

ein Glied mit dem Argumente:

$$(j+j'+s)\,v-(j-j'+s')\,v'+(j+j'-p-p')\,\Pi-(j-j'-p+p')\,\Pi'-(s+p+p')\,\pi$$
$$+(s'+p-p')\,\pi'-(s+p+p')\,\varsigma v+(s'+p-p')\,\varsigma' v'$$

vorkommt. Die ganzen Zahlen p und p' sind beliebig, haben aber die Bedingung zu erfüllen, dass die Exponenten von ϱ und ϱ' entweder positiv oder höchstens gleich Null seien, welche Bedingung, analytisch ausgedrückt, lautet:

$$p+p' \geqq -s\,, \qquad p-p' \geqq -s'.$$

Zieht man nun alle Glieder der Entwickelung der Störungsfunktion zusammen, in deren Argumenten gleiche ganze Vielfache von v und v', nämlich:

$$\lambda v = (j+j'+s)\,v \quad\text{und}\quad \lambda' v' = (j-j'+s')\,v'$$

vorkommen, so erhält man die Summe in der folgenden Gestalt:

$$\text{Pars}\,\frac{m_1}{m'}\,\Omega = \text{Pars realis}\,\Sigma A'_{p,p',j,j',\mu,\mu'}\,\eta^{\mu}\,\eta'^{\mu'}\,e^{i(\lambda v-\lambda' v')}\,\epsilon^{i(j+j')\Pi-i(j-j')\Pi'-is\pi+is'\pi'-is\varsigma v+is'\varsigma' v'}$$
$$e^{-i(p+p')(\Pi+\pi+\varsigma v)+i(p-p')(\Pi'+\pi'+\varsigma' v')}$$

Die Coefficienten A' sind von ganz ähnlicher Beschaffenheit, wie die A; die Summe ist über alle ganze Zahlen, p, p', j, j', μ, μ' zu erstrecken, von welchen jedoch die beiden ersten vermittelst der Werthe von j und j' an die obigen Bedingungen gebunden sind und die beiden letzten positiv sein müssen. Führt man aber die nach unseren früheren Bemerkungen langperiodische elementäre Funktion $A\cos B$ und $A\sin B$ vermittelst der Gleichungen:

$$A\cos B = \Sigma A'_{p,p',j,j',\mu,\mu'}\,\eta^{\mu}\,\eta'^{\mu'}\cos\left\{\begin{array}{l}(j+j'-p-p')\,\Pi-(j-j'-p+p')\,\Pi'\\ \quad-(s+p+p')\,\pi+(s'+p-p')\,\pi'\\ \quad-(s+p+p')\,\varsigma v+(s'+p-p')\,\varsigma' v'\end{array}\right\}$$

$$A\sin B = -\Sigma A'_{p,p',j,j',\mu,\mu'}\,\eta^{\mu}\,\eta'^{\mu'}\sin\left\{\begin{array}{l}(j+j'-p-p')\Pi-(j-j'-p+p')\Pi'\\ \quad-(s+p+p')\,\pi+(s'+p-p')\,\pi'\\ \quad-(s+p+p')\,\varsigma v+(s'+p-p')\,\varsigma' v'\end{array}\right\}$$

ein, so erhält man den betrachteten Theil der Störungsfunktion in der folgenden Gestalt:

$$\text{Pars } \frac{m_1}{m'} \Omega = A \cos (\lambda v - \lambda' v' - B).$$

Offenbar bleibt diese Form auch dann bestehen, wenn man die nicht elementären Theile des Radius vectors und die Grösse ν bei der Entwickelung berücksichtigt.

Unter Anwendung der von Herrn Gyldén auseinandergesetzten Formeln würden die Argumente der einzelnen Glieder der Reihen für $A \cos B$ und $A \sin B$, in unserer Beziehungsweise ausgedrückt, noch die Ausdrücke $\int \nu dv$ und $\int \nu' dv'$ in verschiedenen Argumenten mit verschiedenen Factoren von der Ordnung ganzer Zahlen multiplicirt enthalten. Obwohl nun zwar, wie wir bewiesen haben, ν und ν', wenn die mittleren Bewegungen nicht commensurabel sind, Grössen von der Ordnung der Massen der grossen Planeten sind, also $\int \nu dv$ und $\int \nu' dv'$ nur langperiodische elementäre, aber keine hyperelementäre Glieder enthalten können, hat doch der Ausdruck $\int \nu dv$ selbst nur in den Fällen einer approximativen Commensurabilität der mittleren Bewegungen so beträchtliche Werthe, dass das Auftreten dieses Gliedes, wenn man es nicht durch Entwickelung aus den Argumenten fortschafft, höchst unbequem sein kann. Es wird später klar werden, dass, wie wir schon erwähnten, in den Fällen wirklicher Commensurabilität der Ausdruck $\int \nu dv$ eine willkürliche, aus den Beobachtungen zu bestimmende Constante als Factor enthält; es wären deshalb von vornherein Fälle denkbar, in welchen das in Frage stehende Integral so beträchtliche Werthe erhielte, dass man an eine Entwickelung nach den Potenzen desselben, wenn man etwa nur die erste und vielleicht noch die zweite Potenz berücksichtigen will, gar nicht denken dürfte. Der wesentlichste Punkt, an welchem diese Glieder, wenn man sie aus dem angegebenen Grunde in den Argumenten beibehalten müsste, bedeutende Schwierigkeiten bereiten würden, kann erst an einer späteren Stelle besprochen werden; eine Unbequemlichkeit aber ist hier sofort zu übersehen.

Die meisten Glieder der Bewegungsgleichungen werden durch einfache Quadraturen erhalten und es handelt sich dann um die Bestimmung von Integralen von der Form:

$$\int A \cos (\lambda v - \lambda' v' - B)\, dv \cdot$$

Denkt man sich hierin v' als Funktion von v dargestellt, so erhält man, indem nur λ eine andere Bedeutung erhält und $A' \cos B'$ und $A' \sin B'$ langperiodische elementäre Funktion von v allein, aber sonst von der Form der Funktionen $A \cos B$ und $A \sin B$ bedeuten, das vorgelegte Integral durch eine Reihe von Integralen von der folgenden Gestalt:

(a) $$\int A' \cos (\lambda v - B')\, dv;$$

der Werth dieses Integrales ist:

(b) $$\frac{A'}{\lambda} \sin (\lambda v - B') - \frac{1}{\lambda} \int \left(\sin \lambda v \, \frac{dA' \cos B'}{dv} - \cos \lambda v \, \frac{dA' \sin B'}{dv} \right) dv \cdot$$

Das zweite Glied dieses Ausdrucks aber ist in unseren Entwickelungen, vorausgesetzt, dass λ nicht selbst von der Ordnung der Masse m' sehr klein ist, wegen der Glieder $\frac{dA' \cos B'}{dv}$, $\frac{dA' \sin B'}{dv}$, welche, als Differentiale langperiodisch elementärer Funktionen von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m' sind, um die Ordnung der Masse m' höher als das erste Glied. Man kann dann das zweite Glied des Ausdrucks (b) eben so behandeln, wie den Ausdruck (a) und erhält als Zusatzglied ein Integral, dessen Werth von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m' ist u. s. w. Enthalten aber $A' \cos B'$ und $A' \sin B'$ in den Argumenten die Funktion $\int \nu dv$, so ist das zweite Glied des Ausdrucks (b) von der Ordnung der Grösse ν, welche, wie schon erwähnt, in den an die Commensurabilität streifenden Fällen einen in Bezug auf die Masse m' sehr beträchtlichen Werth erhalten kann. Die nach der skizzirten Methode erhaltene Reihe für das Integral (a) schreitet dann nicht fort nach den Potenzen der Masse m', sondern nur nach denen von ν. Wenn nun schon die Reihenentwickelungen nach den Potenzen von ν immer sehr gut convergent sein werden, selbst in den Fällen strenger Commensurabilität, so ist es doch vorzuziehen, Reihen nach den Potenzen der Massen der grossen Planeten zu erhalten, als solche nach den Potenzen von ν. Man könnte nun wegen zweier Punkte glauben, dass die hier erwähnten Schwierigkeiten, welche in der ungenügenden Convergenz der Entwickelungen nach den Potenzen von $\int \nu dv$ und von ν begründet sind, auf dem von uns eingeschlagenen Wege nicht beseitigt seien. Erstens nämlich ist, wenn ν gross ist, wie weiterhin klar werden wird, auch die Grösse ς gross und die Differentiale von $A' \cos B'$ und $A' \sin B'$ nach v sind bei uns Ausdrücke von der Ordnung ς; da jedoch ς nur in v multiplicirt vorkommt, kann man sich diese Grösse immer in den Factor λ des Integrals (a) übergeführt denken, sodass ein noch so beträchtlicher Werth von ς nicht die geringsten Schwierigkeiten darbietet. Zweitens aber tritt bei unserer späteren Behandlungsweise in den Argumenten der trigonometrischen Funktionen eine dem Ausdrucke $\int \nu dv$ entsprechende Grösse R_2 auf, welche dieselben Unbequemlichkeiten zu bereiten scheint, wie der Ausdruck $\int \nu dv$. Der wesentliche Unterschied aber ist der, dass die Differentialgleichung, welche wir für R_2 aufstellen werden und welche den Kernpunkt unserer Methode bildet, gestattet für $\cos R_2$ und $\sin R_2$ unter allen Umständen gut convergente trigonometrische Reihen anzugeben. Mit Benutzung der aus den Reihen für $\cos R_2$ und $\sin R_2$ sich algebraisch ergebenden Reihen für $\cos nR_2$ und $\sin nR_2$ kann man dann leicht die Funktion R_2 aus den Argumenten entfernen, ohne eine Entwickelung nach den Potenzen von R_2 vorzunehmen, deren Convergenz, wenn man sich auf die ersten Glieder beschränken wollte, sehr fraglich wäre. In Folge dieser Entfernung von R_2 aus den Argumenten trigonometrischer Funktionen kommt es auf dem von uns eingeschlagenen Wege nur darauf an, solche Integrale von der Form (a) zu ermitteln, in welchen $\frac{dA' \cos B'}{dv}$ und $\frac{dA' \sin B'}{dv}$, weil sie R_2 nicht mehr enthalten, wirklich von der Ordnung der Masse sind.

11. In unseren bisherigen Entwickelungen kommen noch zwei Variabele v und v' vor; da wir v als unabhängige Variabele eingeführt haben, ist unsere nächste Aufgabe die Er-

setzung von v' durch v. Zu diesem Zwecke nehmen wir die dritte der Gleichungen (4) des Paragraphen 5 vor, nämlich:

(a) ..... $k\sqrt{\frac{m_1}{a^3}}\frac{dt}{dv} = \frac{\sqrt{(1-\eta^2)^3}}{(1+\rho)^2}$.

Denkt man sich die rechte Seite dieser Gleichung in eine trigonometrische Reihe entwickelt, so ist offenbar das constante Glied derselben von der Einheit um eine Grösse von der Ordnung der Masse verschieden. Wir wollen dieses constante Glied mit $\frac{1}{1+\alpha}$ bezeichnen, sodass also α derart zu bestimmen ist, dass der Ausdruck:

(1) ..... $(1+\alpha)\frac{\sqrt{(1-\eta^2)^3}}{(1+\rho)^2} - 1$,

wenn man ihn als eine trigonometrische Reihe darstellt, ein constantes Glied nicht enthält. Ferner wollen wir allgemein mit Δx das mit entgegengesetztem Zeichen genommene constante Glied in der trigonometrischen Reihe für eine Grösse x bezeichnen, also Δx immer so bestimmen, dass die trigonometrische Reihe für $x+\Delta x$ ein constantes Glied nicht enthält. Entwickeln wir dann den Ausdruck (1) nach den Potenzen von η und ρ und bleiben bei den zweiten Potenzen stehen, so wird:

(b)
$$\left\{\begin{aligned}(1+\alpha)\frac{\sqrt{(1-\eta^2)^3}}{(1+\rho)^2} - 1 &= \alpha - \left(2\rho - 3\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right)\right)(1+\alpha) - \cdots \\ &= \alpha + \left(2\Delta\rho - 3\Delta\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right)\right)(1+\alpha) \\ &\quad - \left(2(\rho+\Delta\rho) - 3\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2} + \Delta\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right)\right)\right)(1+\alpha) - \cdots\end{aligned}\right.$$

und da nach der vorgeschriebenen Bedingung dieser Ausdruck kein constantes Glied enthalten soll, muss α aus der Bedingung ermittelt werden, dass in der vorstehenden Formel nur der letzte Gliedercomplex stehen bleibt. Es ist also zu setzen:

$$\alpha + \left(2\Delta\rho - 3\Delta\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right)\right)(1+\alpha) + \cdots = 0$$

oder:

(2) ..... $\alpha = \frac{-2\Delta\rho + 3\Delta\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right) - \cdots}{1 + 2\Delta\rho - 3\Delta\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right) + \cdots}$

Setzt man weiter:

(3) ..... $k\sqrt{\frac{m_1}{a^3}}(1+\alpha) = n$,

so ergiebt sich aus den Gleichungen (a) und (b) die Entwickelung:

(4) .... $n\frac{dt}{dv} = 1 - 2(1+\alpha)(\rho+\Delta\rho) + 3(1+\alpha)\left(\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right) + \Delta\left(\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right)\right) - \cdots$,

oder, wenn man

$$(1+\alpha)(x+\Delta x) = [x] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

setzt:

$$n\,\frac{dt}{dv} = 1 - 2[\varrho] + 3\left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right] - \cdots$$

Integrirt man diese Formel nach v und bezeichnet mit Λ eine Integrationsconstante, so wird:

$$nt + \Lambda = v - 2\int[\varrho]\,dv + 3\int\left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]dv - \cdots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Ebenso wird für den Planeten mit der Masse m', indem Λ' eine zweite Integrationsconstante bedeutet und n' auf ähnliche Weise bestimmt ist, wie n:

$$n't + \Lambda' = v' - 2\int[\varrho']\,dv' + 3\int\left[\varrho'^2 - \frac{\eta'^2}{2}\right]dv' - \cdots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Die Grössen n und n', welche die Integrationsconstanten a und a' einschliessen, sind hiernach die mittleren Bewegungen.

Für ϱ' genügt es nun ganz sicher die elementären Glieder zu setzen und die Grösse α' welche durch eine der Gleichung (2) ähnliche Formel bestimmt ist, in der rechten Seite der Gleichung (7) zu unterdrücken; dann ist:

$$[\varrho'] = \eta' \cos\left((1-\zeta')v' - \pi'\right).$$

Damit erhält man:

$$\int[\varrho']\,dv' = \frac{1}{1-\zeta'}\,\eta' \sin\left((1-\zeta')\,v' - \pi'\right) + \frac{1}{1-\zeta'}\int \cos\left((1-\zeta')v'\right)\,\frac{d\eta' \sin\pi'}{dv'}\,dv'$$
$$- \frac{1}{1-\zeta'}\int \sin\left((1-\zeta')\,v'\right)\,\frac{d\eta' \cos\pi'}{dv'}\,dv',$$

$$\int\left[\varrho'^2 - \frac{\eta'^2}{2}\right]dv' = \frac{1}{4(1-\zeta')}\eta'^2 \sin\left(2(1-\zeta')v' - 2\pi'\right) + \frac{1}{4(1-\zeta')}\int \cos\left(2(1-\zeta')v'\right)\frac{d\eta'^2 \sin 2\pi'}{dv'}\,dv'$$
$$- \frac{1}{4(1-\zeta')}\int \sin\left(2(1-\zeta')v'\right)\frac{d\eta'^2 \cos 2\pi'}{dv}\,dv'$$

etc.

Die auf der rechten Seite dieser Gleichungen stehenden Integrale sind von der Ordnung der Massen der grossen Planeten kleiner, als die ersten Glieder; mit Unterdrückung derselben haben wir also, indem wir diese Werthe in die Gleichung (7) substituiren und mit Hülfe von (6) t eliminiren:

$$\left.\begin{aligned} v' = \mu v - \Delta - 2\mu\int[\varrho]\,dv + 3\mu\int\left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]dv - \cdots \\ + \frac{2}{1-\zeta'}\eta' \sin\left((1-\zeta')v' - \pi'\right) - \frac{3}{4(1-\zeta')}\eta'^2 \sin 2\left((1-\zeta')v' - \pi'\right) \\ + \cdots \end{aligned}\right\} (8)$$

Dabei bedeuten μ und Δ die folgenden constanten Grössen:

$$(9) \ldots \quad \begin{cases} \mu = \frac{n'}{n}, \\ \Delta = \mu\Lambda - \Lambda'. \end{cases}$$

Wir zerlegen nun aus einem sogleich anzugebenden Grunde allgemein die Grösse x in zwei Theile x_1 und x_2, sodass:

$$x = x_1 + x_2$$

ist, und verstehen dabei unter x_1 den kurzperiodischen, unter x_2 den langperiodischen Theil von x. Die Ausdrücke «kurz- und langperiodisch» sind dabei in Bezug auf die Periode eines Umlaufs des Planeten mit der Masse m zu verstehen, indem als kurzperiodisch solche Glieder bezeichnet werden, bei welchen die Dauer der Perioden mit der Umlaufszeit vergleichbar oder wesentlich kleiner ist, während die der langperiodischen Glieder sehr viel grösser ist, als die Umlaufszeit.

Setzen wir dann:

$$(10) \ldots \quad R_2 = 2\mu \int [\rho]_2 \, dv - 3\mu \int \left[\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_2 dv + \cdots$$

so kann man die Formel (8) in der folgenden Gestalt schreiben:

$$(11) \begin{cases} v' = \mu v - \Delta - R_2 - 2\mu \int [\rho]_1 \, dv + 3\mu \int \left[\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv - \cdots \\ \qquad + \frac{2}{1-\varsigma'} \eta' \sin\left((1-\varsigma')v' - \pi'\right) - \frac{3}{4(1-\varsigma')} \eta'^2 \sin 2\left((1-\varsigma')v' - \pi'\right) + \cdots \end{cases}$$

Diese Gleichung ist in Bezug auf v' implicit; entwickelt man sie aber nach dem Lagrange'schen Theorem, so erhält man:

$$(12) \ldots \begin{cases} v' = \mu v - \Delta - R_2 - 2\mu \int [\rho]_1 dv + 3\mu \int \left[\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv - \cdots \\ \quad + \frac{2}{1-\varsigma'} \eta' \sin\left((1-\varsigma')\mu v - (1-\varsigma')\Delta - (1-\varsigma')R_2 - \pi'\right) \\ \quad + \frac{5}{4(1-\varsigma')} \eta'^2 \sin 2\left((1-\varsigma')\mu v - (1-\varsigma')\Delta - (1-\varsigma')R_2 - \pi'\right) \\ \quad - 4\mu\eta' \cos\left((1-\varsigma')\mu v - (1-\varsigma')\Delta - (1-\varsigma')R_2 - \pi'\right) \int [\rho_1] \, dv \\ \quad + \cdots \end{cases}$$

Wie man sieht, sind hierbei die Ausdrücke $\int [\rho]_1 dv$ und $\int \left[\rho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv$ aus den Argumenten der trigonometrischen Funktionen weggenommen, indem nach den Potenzen dieser Ausdrücke entwickelt ist. Da die Werthe dieser Integrale von derselben Grössenordnung

sind wie bezüglich die Werthe von ϱ und ϱ^2, so ist diese Entwickelung mit demselben Rechte und derselben Genauigkeit möglich, wie die Entwickelung der Störungsfunktion nach den Potenzen von ϱ. Diese Entwickelung der Formel (11) ist aber nöthig, da, wie sich weiterhin zeigen wird, auf diese Weise die für die Integration der Differentialgleichungen der Bewegungen wichtigsten Glieder eine für die Analysis anfassbare Form gewinnen, was nicht der Fall sein würde, wenn man auch die kurzperiodischen Glieder in den Argumenten der trigonometrischen Funktionen beibehalten wollte. Was aber die Funktion R_2 betrifft, so würde einerseits nach den Bemerkungen des vorigen Paragraphen eine Entwickelung nach den Potenzen derselben im höchsten Grade bedenklich sein, andererseits sind wir aber durch das an der genannten Stelle Gesagte einer derartigen Entwickelung in Folge der Form unserer Bewegungsgleichungen enthoben. Hierin liegt der Grund unserer Zerlegung der Funktion:

$$2\mu \int [\varrho]\, dv - 3\mu \int \left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right] dv + \cdots$$

in einen kurz- und einen langperiodischen Theil.

Es ist nun leicht, allgemein $\cos pv'$ und $\sin pv'$, wobei p irgend welche Constante ist, als Funktionen von v darzustellen. Man findet, genau bis auf Glieder zweiter Ordnung incl. in Bezug auf die Grössen η und η':

$$\left.\begin{aligned}
\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} pv' = {} & \left(1 - \frac{p^2\eta'^2}{(1-\zeta')^2}\right) \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} (p(\mu v - \Delta - R_2)) \\
& \mp 2p\mu \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} (p(\mu v - \Delta - R_2)) \int [\varrho]_1\, dv \\
& + \frac{p\eta'}{1-\zeta'} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} ((p+1-\zeta')(\mu v - \Delta - R_2) - \pi') \\
& - \frac{p\eta'}{1-\zeta'} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} ((p-1+\zeta')(\mu v - \Delta - R_2) + \pi') \\
\mp 2\left(\frac{p^2}{1-\zeta'} + p\right)\mu\eta' & \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} ((p+1-\zeta')(\mu v - \Delta - R_2) - \pi') \int [\varrho]_1\, dv \\
\mp 2\left(\frac{p^2}{1-\zeta'} - p\right)\mu\eta' & \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} ((p-1+\zeta')(\mu v - \Delta - R_2) + \pi') \int [\varrho]_1\, dv \\
& \mp 3p\mu \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix} (p(\mu v - \Delta - R_2)) \int \left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv \\
+\left(\frac{p^2}{2(1-\zeta')^2} + \frac{5p}{8(1-\zeta')}\right)\eta'^2 & \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} ((p+2-2\zeta')(\mu v - \Delta - R_2) - 2\pi') \\
+\left(\frac{p^2}{2(1-\zeta')^2} - \frac{5p}{8(1-\zeta')}\right)\eta'^2 & \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} ((p-2+2\zeta')(\mu v - \Delta - R_2) + 2\pi') \\
& - 2p^2\mu^2 \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} (p(\mu v - \Delta - R_2)) \left(\int [\varrho]_1\, dv\right)^2 \\
& + \cdots
\end{aligned}\right\} \cdots (13)$$

Will man sich gestatten, wie dieses in der folgenden ersten Näherung für unseren Specialfall geschehen soll, Glieder von der Ordnung des Quadrates der Neigung I der

beiden Planetenbahnen gegen einander zu vernachlässigen, so wird, da auch die Differenz $\Pi - \Pi'$ eine Grösse von der Ordnung des Quadrates der gegenseitigen Neigung ist:

$$\cos H = \cos (v - v')$$

und folglich allgemein:

$$\begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} pH = \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} p\,(v - v').$$

Für diese Grösse aber leitet man aus der Formel (13) leicht die folgende Gleichung ab:

$$(14)\quad \left\{\begin{aligned}
\begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} p\,(v-v') = {} & \left(1 - \tfrac{p^2\eta'^2}{(1-\zeta')^2}\right) \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} \left(p(1-\mu)v + p\Delta + pR_2\right) \\
& \mp 2p\mu \begin{matrix}\sin \\ \cos\end{matrix} \left(p(1-\mu)v + p\Delta + pR_2\right) \int [\varrho]_1\, dv \\
& + \tfrac{p\eta'}{1-\zeta'} \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} \left(\begin{matrix} p(1-\mu)v - (1-\zeta')\mu v + (p+1-\zeta')\Delta \\ + (p+1-\zeta')R_2 + \pi' \end{matrix}\right) \\
& - \tfrac{p\eta'}{1-\zeta'} \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} \left(\begin{matrix} p(1-\mu)v + (1-\zeta')\mu v + (p-1+\zeta')\Delta \\ + (p-1+\zeta')R_2 - \pi' \end{matrix}\right) \\
& \mp 2\left(\tfrac{p^2}{1-\zeta'} + p\right)\mu\eta' \begin{matrix}\sin \\ \cos\end{matrix} \left(\begin{matrix} p(1-\mu)v - (1-\zeta')\mu v + (p+1-\zeta')\Delta \\ + (p+1-\zeta')R_2 + \pi' \end{matrix}\right) \int [\varrho]_1\, dv \\
& \pm 2\left(\tfrac{p^2}{1-\zeta'} - p\right)\mu\eta' \begin{matrix}\sin \\ \cos\end{matrix} \left(\begin{matrix} p(1-\mu)v + (1-\zeta')\mu v + (p-1+\zeta')\Delta \\ + (p-1+\zeta')R_2 - \pi' \end{matrix}\right) \int [\varrho]_1\, dv \\
& \pm 3p\mu \begin{matrix}\sin \\ \cos\end{matrix} \left(p(1-\mu)v + p\Delta + pR_2\right) \int \left[\varrho^2 - \tfrac{\eta^2}{2}\right]_1 dv \\
& + \left(\tfrac{p^2}{2(1-\zeta')^2} + \tfrac{5p}{8(1-\zeta')}\right)\eta'^2 \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} \left(\begin{matrix} p(1-\mu)v - 2(1-\zeta')\mu v + (p+2-2\zeta')\Delta \\ + (p+2-2\zeta')R_2 + 2\pi' \end{matrix}\right) \\
& + \left(\tfrac{p^2}{2(1-\zeta')^2} - \tfrac{5p}{8(1-\zeta')}\right)\eta'^2 \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} \left(\begin{matrix} p(1-\mu)v + 2(1-\zeta')\mu v + (p-2+2\zeta')\Delta \\ + (p-2+2\zeta')R_2 - 2\pi' \end{matrix}\right) \\
& - 2p^2\mu^2 \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} \left(p(1-\mu)v + p\Delta + pR_2\right) \left(\int [\varrho]_1\, dv\right)^2. \\
& + \cdots
\end{aligned}\right.$$

Die bisher ausgeführten Rechnungen sind die allgemein für jeden Fall gültigen Fundamente der Rechnung. Wir gehen nun dazu über, die erste Näherung für den uns interessirenden Specialfall darzulegen.

ZWEITES KAPITEL.

Erste Näherung für die Bewegung in unserem Specialfalle.

12. In einem irgend welcher Commensurabilität der mittleren Bewegungen ferne liegenden Falle enthalten die vorstehend ausführlich gegebenen Entwickelungen alle Glieder zweiter Ordnung in den «Extremitäten», wenn man für ρ den Complex elementärer Glieder $\eta \cos((1-\varsigma)v-\pi)$ und für ρ' die entsprechende Funktion substituirt. In dem uns beschäftigenden Specialfalle näherungsweiser Commensurabilität dagegen enthält ρ noch Glieder, welche, ohne elementär zu sein, doch mit den elementären Gliedern an Grösse durchaus vergleichbar sind. Unterscheidet sich nämlich das Verhältniss der mittleren Bewegungen μ von dem Werthe $\frac{1}{2}$ nur um eine kleine Grösse $\frac{\delta}{2}$, und zwar so, dass:

$$1-2\mu=\delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ist, so kommt in ρ ein Ausdruck vor, welcher aus einem Gliede in der Entwickelung der Störungsfunktion entsteht, das in Bezug auf die Excentricitäten von der nullten Ordnung ist, in ρ aber mit einem Divisor von der Ordnung δ behaftet eingeht, ohne dass jedoch das entsprechende Glied in ρ für irgend einen Werth von δ unendlich gross würde. Da nun die elementären Glieder in ρ aus solchen Gliedern der Entwickelung der Störungsfunktion entstehen, welche in Bezug auf die Excentricitäten von der ersten Ordnung sind und diese Glieder in ρ durch den Integrationsprocess die Masse m' als Factor verlieren, so sieht man, dass die zuerst erwähnten nicht elementären Glieder mit den elementären Gliedern immer vergleichbar sind, wenn das Verhältniss Masse m' dividirt durch δ vergleichbar ist mit den Beträgen der Excentricitäten.

Es ist unsere erste Aufgabe, die Hauptglieder in ρ analytisch anzugeben. Wir bringen zu diesem Zwecke die zweite Gleichung (4) des Paragraphen 5 in die folgende Gestalt:

$$\frac{d^2\rho}{dv^2}+(1-\varsigma)^2\rho=W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Vernachlässigt man dabei, wie wir die Absicht haben, in der rechten Seite die Glieder zweiter Ordnung in der Masse m' so erhält man durch eine einfache Entwickelung der erwähnten Gleichung den Werth von W in der folgenden Gestalt:

$$(2) \ldots\ldots\ldots\ W = -(2\varsigma - \varsigma^2)\,\varrho - P - \tfrac{3}{4}\,\nu - \tfrac{3}{2}\,\frac{d\varrho}{dv}\cdot\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2} + \frac{1+\varrho}{4}\,\frac{d^2\nu}{dv^2} + \cdots$$

Das Auftreten von in v explicite multiplicirten Gliedern ist durch die früher schon auseinandergesetzte Behandlung der elementären Glieder und durch eine geeignete Bestimmung der Constanten ς zu verhindern. Wir müssen uns vorbehalten, auf diesen Punkt an einer späteren Stelle einzugehen, weil auf die Bestimmung von ς und der elementären Glieder gewisse, aus dem erwähnten nicht elementären Gliede von ϱ herrührende Ausdrücke, welche formell von der zweiten Ordnung der Masse sind, in der wesentlichsten Weise einwirken. Wir haben also vorerst irgend welchen analytischen Ausdruck für das erwähnte Glied aufzustellen, indem wir vorerst nur festsetzen, dass der Ausdruck $\eta\cos\big((1-\varsigma)\,v - \pi\big)$, dessen Bedeutung nach den Bemerkungen des Paragraphen 1 klar ist, alle Theile von elementärer Form in ϱ enthält, d. h. alle merkbaren Theile, bei welchen die Dauer der Periode sich von der Umlaufszeit nur um einen Bruchtheil unterscheidet, welcher von der Ordnung der Massen der grossen Planeten ist.

Das Integral der Gleichung (1) setzen wir, indem wir mit $\varkappa$ und Γ zwei Integrationsconstanten bezeichnen, in der folgenden Form an:

$$(3) \cdots \begin{cases} \varrho = \varkappa\cos\big((1-\varsigma)\,v - \Gamma\big) - \frac{1}{1-\varsigma}\cos\big((1-\varsigma)\,v\big)\int W\sin\big((1-\varsigma)\,v\big)\,dv \\ \qquad\qquad + \frac{1}{1-\varsigma}\sin\big((1-\varsigma)\,v\big)\int W\cos\big((1-\varsigma)\,v\big)\,dv \end{cases}$$

und wählen für W den Theil des durch (2) bestimmten Ausdruckes, welche in ϱ nach den obigen Bemerkungen mit den elementären Gliedern vergleichbar werden kann. Wir werden uns dabei in der hier beabsichtigten ersten Näherung auf das Glied nullter Ordnung in den Excentricitäten beschränken. Nach der Entwickelung (14) des vorigen Paragraphen enthält $\overset{\cos}{\sin}\,2\,(v-v')$ das folgende Glied:

$$\overset{\cos}{\sin}\,2\,(v-v') = \overset{\cos}{\sin}\,\big(2\,(1-\mu)\,v + 2\Delta + 2R_2\big).$$

Setzt man aber unter Benutzung der durch die Formel (3) eingeführten Integrationsconstanten Γ:

$$(4) \ldots\ldots\ldots\ \psi = \tfrac{\delta+\varsigma}{2}\,v + \Delta + \frac{\Gamma}{2} + R_2\,,$$

so erhält dieser Theil die Form:

$$\overset{\cos}{\sin}\,2\,(v-v') = \overset{\cos}{\sin}\,\big((1-\varsigma)\,v + 2\psi - \Gamma\big).$$

Beachtet man nun, dass in der Formel für W der Ausdruck $-(2\varsigma-\varsigma^2)\,\varrho$ nur steht, um das Auftreten von v ausserhalb von Winkeln zu verhindern, und dass wir uns weiter vorgenommen haben, nur die Glieder niedrigster vorkommender Ordnung in den Excentricitäten zu ermitteln, so haben wir offenbar den dem Argumente $(1-\varsigma)\,v+2\psi-\Gamma$ entsprechenden Theil des Complexes:

$$W = -P - \frac{3}{4}\nu + \frac{1}{4}\frac{d^2\nu}{dv^2}$$

zu bestimmen. Nach den Entwickelungen des Paragraphen 6 enthält $\frac{m_1}{m'}Q$ das Glied $\sin 2(v-v')$ multiplicirt mit $-4\,Q(200)_{00}$. Der hier nöthige Theil von ν ist also aus der ersten Gleichung (1) des Paragraphen 5 zu bestimmen, indem man in der rechten Seite dieser Gleichung, nämlich:

$$\frac{d\nu}{dv} = 2\,Q - (1+\nu)\,\frac{d\log(1-\nu^2)}{dv}$$

die Glieder, welche zu dem Argumente $(1-\varsigma)\,v+2\psi-\Gamma$ gehören, einsetzt. Glieder mit diesem Argumente enthält aber das zweite Glied der rechten Seite der vorgelegten Gleichung nur von der Ordnung der Masse m' kleiner als das erste Glied; mit Uebergehung des zweiten Gliedes ist also ν zu ermitteln aus der Gleichung:

$$\begin{aligned}\frac{d\nu}{dv} &= -8\frac{m'}{m_1}\,Q\,(200)_{00}\sin\big((1-\varsigma)\,v+2\psi-\Gamma\big)\\ &= -8\frac{m'}{m_1}\,Q\,(200)_{00}\sin\big((1+\delta)\,v+2\Delta+2R_2\big)\end{aligned}$$

oder:

$$\begin{aligned}\nu &= +8\frac{m'}{m_1}\,\frac{Q\,(200)_{00}}{1+\delta}\,\cos\big((1+\delta)\,v+2\Delta+2R_2\big)\\ &\quad +16\frac{m'}{m_1}\,\frac{Q\,(200)_{00}}{1+\delta}\int\sin\big((1+\delta)\,v+2\Delta+2R_2\big)\,\frac{dR_2}{dv}\,dv.\end{aligned}$$

Wenn nun schon R_2 einen sehr bedeutenden Werth haben kann, so ist doch in allen Fällen $\frac{dR_2}{dv}$ von der Ordnung der Masse m' und da R_2 nur solche grosse Glieder enthält, welche langperiodisch sind, so ist nicht allein das Differential des zweiten Gliedes der rechten Seite der Gleichung für ν, sondern auch, da eine wesentliche Vergrösserung durch die Integration, indem die Glieder alle kurzperiodisch sind, nicht eintreten kann, das zweite Glied selbst von der Ordnung der Masse kleiner, als das erste und indem wir dieses Glied als unwesentlich weglassen, erhalten wir:

$$\nu = +8\frac{m'}{m_1}\,\frac{Q\,(200)_{00}}{1+\delta}\,\cos\big((1-\varsigma)\,v+2\psi-\Gamma\big).$$

Mit gleicher Genauigkeit folgt hieraus:

$$\frac{d^2\nu}{dv^2} = -8\frac{m'}{m_1}\,(1+\delta)\,Q(200)_{00}\cos\big((1-\varsigma)\,v+2\psi-\Gamma\big).$$

Da nun schliesslich der Ausdruck $\frac{m_1 P}{m'}$ nach den Entwickelungen des Paragraphen 6 das Glied $\cos 2\,(v-v')$ mit $2\,P\,(200)_{00}$ multiplicirt enthält, so ist der unserem Argumente entsprechende Theil von P:

$$P = 2\frac{m'}{m_1} P(200)_{00} \cos\big((1-\varsigma)v + 2\psi - \Gamma\big).$$

Es ist also, indem man mit den ermittelten Werthen den Ausdruck für W bildet und in die Gleichung für ϱ substituirt, der gesuchte Theil von ϱ zu bestimmen aus der Gleichung:

$$(5)\quad \ldots\ldots\ldots\ldots \frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1-\varsigma)^2\varrho = -\gamma_0 \cos\big((1-\varsigma)v + 2\psi - \Gamma\big).$$

Die Constante γ_0 hat hierbei den Werth:

$$(6)\quad \ldots\ldots\ldots\quad \gamma_0 = 2\frac{m'}{m_1} P(200)_{00} + 8\frac{m'}{m_1}\cdot\frac{1+\frac{1}{2}\delta+\frac{1}{4}\delta^2}{1+\delta} Q(200)_{00}.$$

Wollte man diese Gleichung integriren, indem man direkt die Formel (3) in Anwendung brächte und für W die rechte Seite der Gleichung (5) substituirte, so würde man, weil, wie sich später zeigen wird, die Reihe für $\cos 2\psi$ — nicht aber die für $\sin 2\psi$ — eine Constante enthält, in ϱ ein Glied von der Form $v \sin\big((1-\varsigma)v - \Gamma\big)$ erhalten. Die Constante in $\cos 2\psi$ ist zwar formell von der Ordnung der Masse m', wird aber in den Fällen selbst nur näherungsweiser Commensurabilität so gross, dass man sie als eine Grösse von der nullten Ordnung in Bezug auf die Masse m' ansehen muss. Das aus dieser Constanten entspringende Glied $v \sin\big((1-\varsigma)v - \Gamma\big)$ in ϱ ist durch eine Aenderung von ς zu beseitigen. Obgleich wir später sogleich den richtigen Werth von ς bestimmen werden, möge doch die Art und Weise, wie dieses Glied zu vermeiden ist, angegeben werden. Es sei ς_0 der Werth, welchen ς haben würde, wenn das Glied von W: $-\gamma_0 \cos\big((1-\varsigma)v + 2\psi - \Gamma\big)$ nicht beachtet würde. Fügt man dann auf beiden Seiten der Gleichung (5), in welcher man auf der linken Seite ς_0 statt ς zu setzen hat, den Ausdruck hinzu:

$$2\,(\varsigma_0 - \varsigma)\left(1 - \frac{\varsigma_0+\varsigma}{2}\right)\varrho = 2\,(\varsigma_0 - \varsigma)\left(1 - \frac{\varsigma_0+\varsigma}{2}\right) \varkappa \cos\big((1-\varsigma)v - \Gamma\big) + \cdots,$$

in welchem auf der rechten Seite die für unseren Zweck unwesentlichen Glieder unterdrückt sind, so erhält man sie in der Form:

$$(7)\quad \ldots\ldots\ldots \begin{cases} \dfrac{d^2\varrho}{dv^2} + (1-\varsigma)^2\varrho = -\gamma_0 \cos\big((1-\varsigma)v + 2\psi - \Gamma\big) \\ \qquad\qquad + 2\,(\varsigma_0 - \varsigma)\left(1 - \dfrac{\varsigma_0+\varsigma}{2}\right) \varkappa \cos\big((1-\varsigma) - \Gamma\big). \end{cases}$$

Wir verstehen nun wieder, wie schon früher, unter $\Delta \cos 2\psi$ die negative Constante

in der Reihe für $\cos 2\psi$, so dass der Ausdruck $\cos 2\psi + \Delta \cos 2\psi$ eine Constante nicht enthält. Da dann die rechte Seite der Gleichung (7) die folgende Gestalt erhält:

$$\left.\begin{aligned} W = &-\gamma_0 \cos\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right)(\cos 2\psi + \Delta \cos 2\psi) + \gamma_0 \sin\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right) \sin 2\psi \\ &+ \left(2(\varsigma_0 - \varsigma)\left(1 - \tfrac{\varsigma_0+\varsigma}{2}\right) + \tfrac{\gamma_0}{\varkappa}\Delta \cos 2\psi\right) \varkappa \cos\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right), \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

so sieht man sofort, dass das Glied mit explicitem v fortfällt, wenn man ς so bestimmt, dass die zweite Zeile des Ausdrucks für W verschwindet. Man hat also ς zu bestimmen durch die Gleichung:

$$\varsigma = \varsigma_0 + \frac{\gamma_0 \Delta \cos 2\psi}{2\varkappa\left(1 - \frac{\varsigma_0+\varsigma}{2}\right)}.$$

Aber auch die erste Zeile des Ausdrucks (8) für W ist noch nicht ohne Weiteres in die Formel (3) zu substituiren. Die Reihen für $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$, welche wir später herstellen werden, enthalten auch langperiodische Theile von der Form (A); diese Theile sind in einem beliebigen, der Commensurabilität ferne liegenden Falle von der Ordnung der Masse m', sind aber selbst in den Fällen nur approximativer Commensurabilität so gross, dass man sie als elementäre Funktionen betrachten muss, d. h. als Glieder, welche mit Ausdrücken nullter Ordnung in Bezug auf die Masse m' durchaus vergleichbar sind. Die langperiodischen Theile von der Form (A) in $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ erzeugen aber, wie aus der Formel (3) sofort klar ist, in ϱ kurzperiodische Theile von der Form (B). Da wir nun aber angenommen haben, dass alle kurzperiodischen Theile von der Form (B) im Ausdrucke für ϱ in dem Gliede $\eta \cos\left((1-\varsigma)v - \pi\right)$ vereinigt seien, so haben wir in $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ die langperiodischen Theile von der Form (A) zu unterdrücken.

Nehmen wir also an, dass ς richtig bestimmt sei, so dass die zweite Zeile der Formel (8) für W wegfällt, und bezeichnen mit einem horizontalen Striche über einer Funktion, dass die constanten Theile und die langperiodischen Theile von der Form (A) in der Funktion zu unterdrücken sind, so erhält man für den, dem Werthe (8) von W entsprechenden Theil von ϱ die Formel:

$$\begin{aligned} \varrho = &-\tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)} \cos\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right) \int \overline{\sin 2\psi}\, dv \\ &-\tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)} \sin\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right) \int \overline{\cos 2\psi}\, dv \\ &+\tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)} \cos\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right) \int \sin\left(2(1-\varsigma)v + 2\psi - 2\Gamma\right) dv \\ &-\tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)} \sin\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right) \int \cos\left(2(1-\varsigma)v + 2\psi - 2\Gamma\right) dv. \end{aligned}$$

Der horizontale Strich steht nur in den ersten beiden Reihen, weil aus den beiden letzten Reihen keine kurzperiodischen Glieder von der Form (B) hervorgehen.

Da nun die Glieder der beiden letzten Reihen durch die Integration nicht wesentlich vergrössert werden, wie dieses bei den Gliedern der beiden ersten Reihen geschieht, so können sie in der ersten Näherung als unwesentlich wegbleiben. Für ϱ erhält man dann die folgenden kurzperiodischen Glieder:

$$(9)\ldots\ldots \begin{cases} \varrho_1 = \eta\cos\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right) - \frac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)}\cos\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\int\sqrt{\sin 2\psi}\,dv \\ \qquad\qquad - \frac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)}\sin\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\int\sqrt{\cos 2\psi}\,dv. \end{cases}$$

13. Unsere nächste Aufgabe besteht nun darin, auch die wesentlichsten langperiodischen Glieder von ϱ oder, da dieses, wie sich zeigen wird, für unsere Zwecke das Näherliegende ist, $\frac{d\varrho_2}{dv}$ zu ermitteln. Zu diesem Zwecke stellen wir die zweite Gleichung (4) des Paragraphen 5, nachdem wir sie nach v differentiirt haben, in der folgenden Weise um:

$$(1)\ldots \begin{cases} \frac{d\varrho}{dv} = & \frac{d}{dv}\left\{\frac{1-P}{\sqrt[3]{(1+\nu)}} - 1 - \frac{3}{2}\frac{d\varrho}{dv}\cdot\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2} + \frac{1+\varrho}{4}\frac{d}{dv}\left(\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)\right\} \\ & - \frac{d}{dv}\left\{(1+\varrho)\left[\frac{\frac{d^2\eta^2}{dv^2}}{1-\eta^2} + \frac{3}{2}\frac{\left(\frac{d\eta^2}{dv}\right)^2}{(1-\eta^2)^2} + \frac{1}{8}\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu} - 16\left(\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)^2\right]\right\} \\ & - \frac{d^3\varrho}{dv^3}. \end{cases}$$

Indem man diese Gleichung zur Bestimmung der langperiodischen Glieder von ϱ verwendet, kann man sich wieder gewisse Vernachlässigungen gestatten. Ist nämlich x eine langperiodische Funktion, so ist $\frac{dx}{dv}$ von einer um so höheren Ordnung als x, je länger die Periode von x ist. Da hier nun nur Glieder von sehr langer Periode in Frage kommen, so ist $\frac{d^3\varrho}{dv^3}$ gegen $\frac{d\varrho}{dv}$ sehr klein, ebenso $\frac{d^3\nu}{dv^3}$ gegen $\frac{d\nu}{dv}$ u. s. w.; beschränkt man sich dann weiter auf die Glieder von der niedrigsten vorkommenden Ordnung in den Excentricitäten, so kann man für eine erste Näherung der Gleichung (1) genügend genau die Gestalt geben:

$$(2)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \frac{d\varrho}{dv} = -\frac{dP}{dv} - \frac{3}{4}\frac{d\nu}{dv} = -\frac{dP}{dv} - \frac{3}{2}Q - \frac{3}{4}\frac{d\eta^2}{dv}.$$

Wir haben nun weiter die hauptsächlichsten langperiodischen Glieder der rechten Seite dieser Gleichung zu ermitteln. Nach der Entwickelung (14) des Paragraphen 11 enthalten die nachstehenden Funktionen die auf den rechten Seiten angegebenen Theile:

$$\left.\begin{aligned}
&\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\ (v-v') = \tfrac{\eta'}{1-\varsigma'}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((\delta+\mu\varsigma')\,v+2\Delta+2R_2+\pi'-\varsigma'(\Delta+R_2)\right)\\
&\varrho'\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\ (v-v') = \quad\varrho'\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((1-\mu)\,v+\Delta+R_2\right)\\
&\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\ 2\,(v-v') = \mp 4\mu\begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\left((1+\delta)\,v+2\Delta+2R_2\right)\int[\varrho]_1\,dv\\
&\varrho\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\ 2\,(v-v') = \quad\varrho_1\tfrac{\cos}{\sin}\left((1+\delta)\,v+2\Delta+2R_2\right).
\end{aligned}\right\}\ \ldots.\ (3)$$

Nun fanden wir schon für ϱ_1 den Ausdruck (9) des vorigen Paragraphen, aus welchem wir mit Unterdrückung des Factors $(1+\alpha)$ den Werth von $\int[\varrho]_1\,dv$ in der folgenden Gestalt ableiten:

$$\int[\varrho]_1\,dv = \int\eta\cos\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right)dv - \tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)}\int\left(\cos\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\int\overline{\sin 2\psi}\,dv\right)dv$$
$$- \tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)}\int\left(\sin\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\int\overline{\cos 2\psi}\,dv\right)dv.$$

Mit Vernachlässigung von Gliedern, welche von der Ordnung der Masse m' höher sind, als die angegebenen, kann gesetzt werden:

$$\int\eta\cos\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right)dv = \tfrac{\eta}{1-\varsigma}\sin\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right);$$

integrirt man ferner die zwei letzten Glieder der rechten Seite der Gleichung für $\int[\varrho]_1\,dv$ partiell, so wird:

$$\left.\begin{aligned}
\int[\varrho]_1\,dv = \tfrac{\eta}{1-\varsigma}\sin\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right) &- \tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)^2}\ \sin\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\int\overline{\sin 2\psi}\,dv\\
&+ \tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)^2}\ \cos\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\int\overline{\cos 2\psi}\,dv\\
&+ \tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)}\int\sin\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\ \overline{\sin 2\psi}\,dv\\
&- \tfrac{\gamma_0}{2(1-\varsigma)}\int\cos\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)\ \overline{\cos 2\psi}\,dv.
\end{aligned}\right\}\ \ldots.\ (4)$$

Die beiden letzten Reihen dieser Formel sind ganz unwesentlich, weil in ihnen nicht, wie in den beiden ersten Zeilen eine Vergrösserung in Folge der Integration eintritt; wir werden sie in Folge dessen vernachlässigen. Weiter bemerken wir, dass:

$$\varrho' = \eta'\cos\left((1-\varsigma')\,v'-\pi'\right)$$

bis auf Glieder höherer Ordnung in den Excentricitäten dargestellt werden kann durch die Formel:

$$\varrho' = \eta'\cos\left((1-\varsigma')\,\mu v-\Delta-R_2-\pi'+\varsigma'(\Delta+R_2)\right).\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ (5)$$

Die Substitution der Formeln (9) des vorigen und der Formeln (4) und (5) dieses Paragraphen in das System (3) ergiebt, indem man sich noch gestattet die ganz unbedeutende Grösse $\varsigma'(\Delta + R_2)$, welche in den zwei ersten Ausdrücken in den Argumenten vorkommt, zu unterdrücken, und indem man den Werth von ψ vermittelst der Gleichung (4) des Paragraphen 12 einführt, die folgenden Theile:

$$(6)\cdots\begin{cases}
\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = \frac{\eta'}{1-\varsigma'}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma),\\
\rho'\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = \frac{\eta'}{2}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma),\\
\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}2(v-v') = -2\frac{\mu\eta}{1-\varsigma}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(2\psi+\pi-\Gamma)\\
\qquad\qquad +\frac{\mu\gamma_0}{(1-\varsigma)^2}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}2\psi\int\sin 2\psi\,dv \mp \frac{\mu\gamma_0}{(1-\varsigma)^2}\begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}2\psi\int\cos 2\psi\,dv,\\
\rho\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}2(v-v') = \frac{\eta}{2}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(2\psi+\pi-\Gamma)\\
\qquad\qquad -\frac{\gamma_0}{4(1-\varsigma)}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}2\psi\int\sin 2\psi\,dv \mp \frac{\gamma_0}{4(1-\varsigma)}\begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}2\psi\int\cos 2\psi\,dv.
\end{cases}$$

Fügt man nun diesen Ausdrücken die Coefficienten hinzu, mit welchen sie bezüglich in P und in Q eingehen, so erhält man die Formeln:

$$(7)\begin{cases}
\frac{m_1}{m'}P = \left(\frac{2P(100)_{00}}{1-\varsigma'}+P(101)_{00}\right)\eta'\cos(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma)\\
\qquad +\left(-\frac{4\mu P(200)_{00}}{1-\varsigma}+P(210)_{00}\right)\eta\cos(2\psi+\pi-\Gamma)\\
\qquad +\left(\frac{2\mu\gamma_0 P(200)_{00}}{(1-\varsigma)^2}-\gamma_0\frac{P(210)_{00}}{2(1-\varsigma)}\right)\left\{\cos 2\psi\int\sin 2\psi\,dv-\sin 2\psi\int\cos 2\psi\,dv\right\}\\
\frac{m_1}{m'}Q = -\left(\frac{2Q(100)_{00}}{1-\varsigma'}+Q(101)_{00}\right)\eta'\sin(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma)\\
\qquad +\left(\frac{8\mu Q(200)_{00}}{1-\varsigma}-2Q(210)_{00}\right)\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma)\\
\qquad -\left(\frac{4\mu\gamma_0 Q(200)_{00}}{(1-\varsigma)^2}-\gamma_0\frac{Q(210)_{00}}{1-\varsigma}\right)\left\{\sin 2\psi\int\sin 2\psi\,dv+\cos 2\psi\int\cos 2\psi\,dv.\right\}
\end{cases}$$

Differentiirt man aber den Ausdruck für P und lässt leicht zu überblickende Glieder weg, welche mindestens von der Ordnung der Masse m' höher sind, als die angesetzten, so wird:

$$(8)\quad \frac{m_1}{m'}\frac{dP}{dv} = 2\frac{d\psi}{dv}\left\{\begin{matrix}
-\left(\frac{2P(100)_{00}}{1-\varsigma'}+P(101)_{00}\right)\eta'\sin(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma)\\
+\left(\frac{4\mu P(200)_{00}}{1-\varsigma}-P(210)_{00}\right)\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma)\\
-\left(\frac{2\mu\gamma_0 P(200)_{00}}{(1-\varsigma)^2}-\gamma_0\frac{P(210)_{00}}{2(1-\varsigma)}\right)\left\{\sin 2\psi\int\sin 2\psi\,dv+\cos 2\psi\int\cos 2\psi\,dv\right\}
\end{matrix}\right\}.$$

Die Einführung der folgenden Bezeichnungen:

$$\left.\begin{aligned}
\gamma_1 &= \frac{m'}{m_1}\left(\frac{12\mu\, Q(200)_{00}}{1-\varsigma} - 3\,Q(210)_{00}\right),\\
\gamma_2 &= -\frac{m'}{m_1}\left(\frac{3\,Q(100)_{00}}{1-\varsigma'} + \frac{3}{2}\,Q(101)_{00}\right),\\
\gamma_3 &= -\frac{m'}{m_1}\,\gamma_0\left(\frac{6\mu\, Q(200)_{00}}{(1-\varsigma)^2} - \frac{3}{2}\,\frac{Q(210)_{00}}{1-\varsigma}\right),\\
\gamma'_1 &= \frac{m'}{m_1}\left(\frac{4\mu\, P(200)_{00}}{1-\varsigma} - P(210)_{00}\right),\\
\gamma'_2 &= -\frac{m'}{m_1}\left(\frac{2\,P(100)_{00}}{1-\varsigma'} + P(101)_{00}\right),\\
\gamma'_3 &= -\frac{m'}{m_1}\,\gamma_0\left(\frac{2\mu\, P(200)_{00}}{(1-\varsigma)^2} - \frac{P(210)_{00}}{2(1-\varsigma)}\right),
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

gestattet uns also den gesuchten Theilen von Q und $\frac{dP}{dv}$ die folgende Gestalt zu geben:

$$\left.\begin{aligned}
Q = {} & \tfrac{2}{3}\,\gamma_1\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma) + \tfrac{2}{3}\gamma_2\eta'\sin(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma)\\
& + \tfrac{2}{3}\gamma_3\left\{\sin 2\psi\int\overline{\sin 2\psi}\,dv + \cos 2\psi\int\overline{\cos 2\psi}\,dv\right\},\\
\frac{dP}{dv} = 2\,\frac{d\psi}{dv}\Big\{ & \gamma'_1\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma) + \gamma'_2\eta'\sin(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma)\\
& + \gamma'_3\left\{\sin 2\psi\int\overline{\sin 2\psi}\,dv + \cos 2\psi\int\overline{\cos 2\psi}\,dv\right\}\Big\}.
\end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Aus diesen Ausdrücken gehen neben Gliedern mit Argumenten von der Form (C) auch solche mit Argumenten von der Form (A) hervor, in sofern die Funktionen cos 2ψ und sin 2ψ Glieder solcher Form enthalten. Den vorstehenden Ausdrücken haben wir jedoch Glieder von der Form (A) hinzuzufügen, welche im allgemeinen Falle von der Ordnung der Masse niedriger, im Falle approximativer Commensurabilität aber numerisch von gleicher Ordnung sind, wie die entsprechenden in den Ausdrücken (10) enthaltenen Glieder.

14. Die erwähnten Glieder mit Argumenten von der Form (A) sind in P und Q von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m', aber in $\frac{dP}{dv}$ ist die Ordnung dieser Glieder offenbar um eine Potenz der Masse höher als in P. Nichts destoweniger aber kann man im Allgemeinen in dem Ausdrucke:

$$-\frac{dP}{dv} - \frac{3}{2}\,Q - \frac{3}{4}\,\frac{d\eta^2}{dv}$$

$\frac{dP}{dv}$ nicht als sehr unbedeutend gegen Q und $\frac{d\eta^2}{dv}$ vernachlässigen, weil, wie wir oben durch den Nachweis, dass ν von der Ordnung der Masse m' ist, gezeigt haben, die Glieder von der Form (A) sich in dem Complexe:

$$(\alpha) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \tfrac{3}{2} Q + \tfrac{3}{4} \frac{d\eta^2}{dv}$$

gegenseitig so zerstören müssen, dass nur ein Ausdruck von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m' übrig bleibt, welcher mit $\frac{dP}{dv}$ durchaus vergleichbar wird. In dem Falle einer approximativen Commensurabilität der mittleren Bewegungen jedoch zerstören sich die in Frage stehenden Glieder des Ausdrucks (α) nicht bis auf Glieder von der Ordnung Massequadrat, vielmehr bleiben diese Glieder in dem Complexe (α) vergleichbar mit denjenigen der einzelnen Componenten des Ausdrucks, und sind gross gegen die Glieder gleicher Form in $\frac{dP}{dv}$. Dieses ist die Ursache wesshalb wir bei der Bestimmung der Glieder von der Form (A) nur den Complex (α) der rechten Seite der Gleichung (2) des vorigen Paragraphen in Rücksicht nehmen.

Der Ausdruck $\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v')$ enthält ein Glied von der Form (A), soweit die Entwickelungen im Paragraphen 11 mitgetheilt sind, nur in einen Coefficienten von der Ordnung der Masse multiplicirt, indem für $p = 1$ das in der Formel (14) des genannten Paragraphen stehende Glied:

$$\mp 2\left(\frac{p^2}{1-\varsigma'} - p\right)\mu\eta' \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\left(\begin{matrix} p(1-\mu)v + (1-\varsigma')\mu v + (p-1+\varsigma')\Delta \\ + (p-1+\varsigma')R_2 - \pi'\end{matrix}\right)\int [\varrho]_1\, dv$$

den einzigen Ausdruck von der gewünschten Form ergiebt, wenn man für $\int [\varrho]_1\, dv$ den elementären Theil substituirt. Diesen Ausdruck lassen wir in Folge dessen mit demselben Rechte, mit welchem wir $\frac{dP}{dv}$ vernachlässigt haben, ausser Acht. Dagegen enthalten die nachstehenden Funktionen die folgenden Theile:

$$\varrho \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = -\varrho_1 \frac{\eta'}{1-\varsigma'} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((1-\mu\varsigma')v - \pi' + \varsigma'(\Delta + R_2)\right)$$

$$\varrho' \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = \mp 2\mu\varrho' \begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\left((1-\mu)v + \Delta + R_2\right)\int [\varrho]_1\, dv$$

$$\varrho\varrho' \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = \varrho_1\varrho' \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((1-\mu)v + \Delta + R_2\right).$$

Setzt man hierin für ϱ_1, $\int [\varrho]_1\, dv$ und ϱ' die durch die Formeln (9) des Paragraphen 12 und (4) und (5) des Paragraphen 13 gegebenen Werthe ein, nimmt in den vorstehenden Ausdrücken nur die Glieder von der Form A) mit, und vernachlässigt, wie schon vorher geschehen ist, den Ausdruck $\varsigma'(\Delta + R_2)$ in den Argumenten, so erhält man:

$$(1) \quad \ldots\ldots\ldots \begin{cases} \varrho \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = -\frac{\eta\eta'}{2(1-\varsigma')} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((\varsigma-\mu\varsigma')v + \pi - \pi'\right), \\ \varrho' \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = -\mu\frac{\eta\eta'}{2(1-\varsigma)} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((\varsigma-\mu\varsigma')v + \pi - \pi'\right), \\ \varrho\varrho' \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = +\frac{\eta\eta'}{4} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((\varsigma-\mu\varsigma')v + \pi - \pi'\right). \end{cases}$$

Beachtet man dann die Coefficienten mit welchen multiplicirt diese Ausdrücke in Q eingehen, so findet man leicht den folgenden Theil:

$$Q = -\frac{2}{3}\gamma_4\,\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

indem die Constante γ_4 den Werth hat:

$$\gamma_4 = \frac{m'}{m_1}\left(-\frac{3}{2}\frac{Q(110)_{00}}{1-\varsigma'} - \frac{3}{2}\frac{\mu\,Q(101)_{00}}{1-\varsigma} + \frac{3}{4}\,Q(111)_{00}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Mit Rücksicht auf die Formeln (10) des vorigen und (2) dieses Paragraphen ergiebt sich nun die folgende Gleichung zur Ermittelung der langperiodischen Glieder von ρ:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d\rho_2}{dv} = &-\gamma_1\,\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma) - \gamma_2\,\eta'\sin\left(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi'-\Gamma\right)\\ &-\gamma_3\left\{\sin 2\psi\int\overline{\sin 2\psi}\,dv + \cos 2\psi\int\overline{\cos 2\psi}\,dv\right\}\\ &-2\frac{d\psi}{dv}\left\{\begin{aligned}&\gamma'_1\,\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma)+\gamma'_2\,\eta'\sin\left(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma\right)\\ &+\gamma_3'\left\{\sin 2\psi\int\overline{\sin 2\psi}\,dv + \cos 2\psi\int\overline{\cos 2\psi}\,dv\right\}\end{aligned}\right\}\\ &+\gamma_4\,\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right) - \frac{3}{4}\frac{d\eta^2}{dv}.\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

15. Dass die erhaltenen Ausdrücke von ρ_1 und $\frac{d\rho_2}{dv}$ nicht weiter zu reduciren sind, liegt daran, dass wir über den Character der Funktionen $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ vorerst nichts wissen. Unsere nächste Aufgabe muss darin bestehen, diese Funktionen zu bestimmen. In dieser Aufgabe liegt die bei Weitem wesentlichste Schwierigkeit des uns beschäftigenden Problems.

Um ψ zu bestimmen, leiten wir eine Differentialgleichung zweiter Ordnung auf dem folgenden Wege ab:

Die Gleichung (4) des Paragraphen 12 lautet, indem man für R_2 den Werth (10) des Paragraphen 11 substituirt:

$$\psi = \frac{\delta+\varsigma}{2}\,v + \Delta + \frac{\Gamma}{2} + 2\mu\int[\rho]_2\,dv - 3\mu\int\left[\rho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_2 dv + \cdots$$

Die zweimalige Differentiation dieser Gleichung nach v ergiebt:

$$\frac{d^2\psi}{dv^2} = 2\mu\,\frac{d[\rho]_2}{dv} - 3\mu\,\frac{d\left[\rho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_2}{dv} + \cdots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Für $\frac{d[\rho]_2}{dv}$ kann man, mit Unterdrückung des Factors $(1+\alpha)$ sofort den Werth (4) des vorigen Paragraphen für $\frac{d\rho_2}{dv}$ einsetzen; den Werth von $\frac{d\left[\rho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_2}{dv}$ aber haben wir noch zu ermitteln. Das wesentlichste Glied dieses Ausdrucks, welches wir bei der ersten Näherung allein in Rücksicht ziehen wollen, entsteht aus dem Werthe für ρ_1, welcher durch die Formel (9) des Paragraphen 12 bestimmt ist. Erhebt man diesen Werth zum Quadrat und nimmt nur die langperiodischen Glieder mit, so erhält man:

$$\left(\rho^2-\frac{\eta^2}{2}\right)_2 = -\frac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\cos(\pi-\Gamma)\int\overline{\sin 2\psi}\,dv - \frac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\sin(\pi-\Gamma)\int\overline{\cos 2\psi}\,dv$$

und durch Differentiation, mit Unterdrückung des Factors $(1+\alpha)$ und der kleineren Glieder, welche von der Differentiation der Funktionen $\eta\cos(\pi-\Gamma)$ und $\eta\sin(\pi-\Gamma)$ herrühren:

$$(2)\ \ldots\ \frac{d\left[\rho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_2}{dv} = -\frac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\cos(\pi-\Gamma)\,\overline{\sin 2\psi} - \frac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\sin(\pi-\Gamma)\,\overline{\cos 2\psi}\,.$$

Es käme nun hier vor Allem darauf an, die Funktionen $\overline{\cos 2\psi}$ und $\overline{\sin 2\psi}$ auf die Funktionen $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ zu reduciren. Da wir aber einen Ueberblick über den analytischen Character der Funktionen $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ nicht haben, so müssen wir uns darauf beschränken der Formel (2) die folgende Gestalt zu geben:

$$(3)\begin{cases}\dfrac{d\left[\rho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_2}{dv} = -\dfrac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\sin(2\psi+\pi-\Gamma)\\ \qquad\qquad +\dfrac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\cos(\pi-\Gamma)(\sin 2\psi-\overline{\sin 2\psi}) + \dfrac{\gamma_0\eta}{2(1-\varsigma)}\sin(\pi-\Gamma)(\cos 2\psi-\overline{\cos 2\psi}).\end{cases}$$

Substituirt man diesen Werth und den Werth (4) des vorigen Paragraphen in die Gleichung für ψ, und setzt zur Abkürzung:

$$(4)\ \ldots\begin{cases}\beta\cos 2\mathfrak{V} = \left(2\mu\gamma_1-\frac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\eta\cos(\pi-\Gamma)+2\mu\gamma_2\eta'\cos(\pi'-\Gamma-(\varsigma-\mu\varsigma')v),\\ \beta\sin 2\mathfrak{V} = \left(2\mu\gamma_1-\frac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\eta\sin(\pi-\Gamma)+2\mu\gamma_2\eta'\sin(\pi'-\Gamma-(\varsigma-\mu\varsigma')v),\end{cases}$$

so erhält man für ψ die folgende Differentialgleichung:

$$(5)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \frac{d^2\psi}{dv^2}+\beta\sin(2\psi+2\mathfrak{V}) = X.$$

Dabei ist gesetzt worden:

$$\left.\begin{aligned} X = &- 2\mu\gamma_3 \left\{ \sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv + \cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv \right\} \\ &- 4\mu \frac{d\psi}{dv} \left\{ \begin{aligned} &\gamma'_1 \eta \sin(2\psi + \pi - \Gamma) + \gamma'_2 \eta' \sin(2\psi - (\varsigma - \mu\varsigma')v + \pi' - \Gamma) \\ &+ \gamma'_3 \left\{ \sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv + \cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv \right\} \end{aligned} \right\} \\ &+ 2\mu\gamma_4 \eta\eta' \sin\big((\varsigma - \mu\varsigma')v + \pi - \pi'\big) - \frac{3}{2}\mu \frac{d\eta^2}{dv} \\ &- 3\mu \left\{ \frac{\gamma_0 \eta}{2(1-\varsigma)} \cos(\pi - \Gamma)(\sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi}) + \frac{\gamma_0 \eta}{2(1-\varsigma)} \sin(\pi - \Gamma)\left(\cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi}\right) \right\} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Bei der Integration dieser Differentialgleichung betrachten wir die später zu ermittelnden Funktionen $\eta \cos(\pi - \Gamma)$, $\eta \sin(\pi - \Gamma)$, $\eta' \cos(\pi' - \Gamma')$ und $\eta' \sin(\pi' - \Gamma')$ als bekannt; dann enthält X ausser bekannten Gliedern nur solche in Folge des Auftretens der Grössen $\cos 2\psi$, $\sin 2\psi$, $\overline{\cos 2\psi}$ und $\overline{\sin 2\psi}$ unbekannte Glieder, welche im Vergleiche zu dem Gliede $\beta \sin(2\psi + 2\mathfrak{V})$ als klein betrachtet werden müssen. Die Funktionen $\beta \cos 2\mathfrak{V}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{V}$ sind der Definition nach Producte von langperiodischen elementären Funktionen mit Constanten von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m', also Funktionen welche sich sehr langsam verändern. Nehmen wir an, diese Grössen wären constant und X verschwände, so ist die Differentialgleichung (5) streng integrirbar; das vollständige Integral derselben enthält natürlich zwei Integrationsconstanten. Es liegt dann der Gedanke nahe, dem Integrale der Gleichung (5) dieselbe Form zu geben, welche man in dem angegebenen hypothetischen Falle erhalten hat und die zwei Integrationsconstanten dieses Falles als variabel zu betrachten und in solcher Weise zu bestimmen, dass der Variabilität von $\beta \cos 2\mathfrak{V}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{V}$ und dem Werthe von X Rechnung getragen wird.

Betrachtet man $\beta \cos 2\mathfrak{V}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{V}$ als Constanten und setzt man $X = 0$, so nimmt die Gleichung (5) die folgende Gestalt an:

$$\frac{d^2(\psi + \mathfrak{V})}{dv^2} + \beta \sin(2\psi + 2\mathfrak{V}) = 0. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Dieses ist die Differentialgleichung eines in einer Ebene schwingenden Pendels. Setzt man $v = nt + \Lambda$, so bedeutet $2\psi + 2\mathfrak{V}$ den Winkel des Pendels gegen die Verticale und β ist gleich $\frac{g}{2ln^2}$, indem man mit g die Beschleunigung durch die Schwere und mit l die Länge des Pendels bezeichnet.

Das Integral der Gleichung (7) ist, indem man $\mathfrak{v}$ und F die zwei Integrationsconstanten nennt:

$$\psi + \mathfrak{V} = am\left(\mathfrak{v}v + F, \frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}\right). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Eine reelle Form hat jedoch dieses Integral nur, wenn die Integrationsconstante $\mathfrak{v}$

grösser ist, als $\sqrt{2\beta}$. In diesem Falle enthält die Entwickelung von $\psi + \vartheta$ das dem Winkel v proportionale Glied $\frac{\pi}{2K}\mathfrak{v}v$, in welchem K das vollständige elliptische, zum Modul $k = \frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}$ gehörige, Integral erster Art bedeutet; $\psi + \vartheta$ wächst in Folge dessen mit wachsendem v unbegränzt. Dieser Fall ist also der des rotirenden Pendels. Nimmt der Werth von $\mathfrak{v}$ ab, so wird die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung immer geringer und gelangt $\mathfrak{v}$ zu dem Werthe $\sqrt{2\beta(1+\varepsilon)}$, wobei ε eine positive, ausserordentlich kleine Grösse bedeutet, so ist der Ausdruck $\frac{\pi}{2K}\mathfrak{v}$ eine Grösse von der Ordnung $\frac{1}{\log\varepsilon}$ geworden. In diesem Falle geht das Pendel mit ausserordentlich geringer Winkelgeschwindigkeit durch die höchste Lage. Ist ε streng gleich Null, der Werth des Moduls also streng gleich der Einheit, so gelangt das Pendel in die höchste Lage mit der Winkelgeschwindigkeit Null und bleibt dort im labilen Gleichgewichte stehen. Nimmt $\mathfrak{v}$ noch weiter ab, so würde der Werth des Moduls $\frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}$ grösser als die Einheit und die Formel (8) hat dann keine reelle Form mehr; um diese herzustellen muss man den reciproken Modul einführen, was vermittelst der Formel:

$$(9) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \sin(\psi + \vartheta) = \frac{\mathfrak{v}}{\sqrt{2\beta}}\, sn\left(\sqrt{2\beta}\, v + \frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}} F, \frac{\mathfrak{v}}{\sqrt{2\beta}}\right)$$

geschieht. In diesem Falle erreicht das Pendel nicht die höchste Lage, sondern nur den Ausschlag $2\psi + 2\vartheta = 2\, arc \sin\frac{\mathfrak{v}}{\sqrt{2\beta}}$, kehrt um und erreicht auf der anderen Seite der Verticalen denselben Ausschlag u. s. w. Da folglich der Winkel $2\psi + 2\vartheta$ kein der Zeit oder dem Winkel v proportionales Glied enthalten kann, muss in dem Falle, dass $\mathfrak{v}$ kleiner als $\sqrt{2\beta}$ ist, nach der Definitionsgleichung (4) des Paragraphen 12, die Constante $\delta + \varsigma$ verschwinden. Die Gleichung (9) entspricht dem oscillirenden Pendel; die Dauer einer Oscillation ist, wie diese Gleichung lehrt, gegen die Umlaufszeit des Planeten m gross von derselben Grössenordnung, wie $\frac{1}{\sqrt{\beta}}$.

In den Bewegungsgleichungen kommen keine Glieder vor, welche für irgend einen Werth von $\mathfrak{v}$ unendlich gross würden.

In ganz derselben Weise wie das ebene Pendel in Bezug auf die Verticale verhält sich der wahre Radius vector des Planeten mit der Masse m in Bezug auf einen fingirten Radius vector, dessen fortschreitende Bewegung durch die mittlere Bewegung des Planeten mit der Masse m' bestimmt ist und nicht von der mittleren Bewegung des Planeten mit der Masse m abhängt. Wir können nämlich der Formel für v die folgende Gestalt geben:

$$(10) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad v = w + \frac{2\psi + 2\vartheta}{1+\varsigma}$$

und schliessen dann aus den Gleichungen (6) und (9) des Paragraphen 11 und aus der Gleichung (4) des Paragraphen 12, dass w den folgenden Werth hat:

$$(11) \ldots\ldots \quad w = \frac{2n'}{1+\varsigma}\, t + \frac{2\Delta' - \Gamma - 2\vartheta}{1+\varsigma} + \frac{4\mu}{1+\varsigma}\int [\varrho]_1\, dv - \frac{6\mu}{1+\varsigma}\int \left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv + \cdots$$

Der fingirte Radius vector soll mit der beweglichen x-Axe den Winkel w einschliessen; dann hängt seine Bewegung, wie man sieht, ausser von der Grösse n' nur noch von ς ab und zu beachten ist ausserdem, dass der Winkel w ausser dem der Zeit proportionalen Gliede und periodischen Gliedern nur die Constante $\frac{2\Lambda'-\Gamma-2\Theta}{1+\varsigma}$ einschliesst. Es kommen also in w nicht die beiden für die Lage des wirklichen Radius maassgebenden Integrationsconstanten n und Λ vor; diese werden vielmehr in v eventuell erst durch den Winkel $\psi+\Theta$, welcher als Integral einer Differentialgleichung zweiter Ordnung zwei Integrationsconstanten enthält, nach der Formel (10) eingeführt. Diese Formel lehrt, dass in der That für die Bewegung des wahren Radius vectors in Bezug auf den fingirten dieselben Formeln gelten, wie für die Bewegung des ebenen Pendels in Bezug auf die Verticale mit dem einen Unterschiede jedoch, dass die Winkel im ersten Falle im Verhältnisse von 1 zu $1+\varsigma$ kleiner sind, als im zweiten Falle. Dem Falle eines Werthes von $\mathfrak{v}$, welcher grösser als $\sqrt{2\beta}$ ist, d. h. dem Falle des rotirenden Pendels entspricht in unserem Probleme der Fall einer nur approximativen Commensurabilität der Bewegungen, während der Fall eines Werthes von $\mathfrak{v}$, welcher kleiner als $\sqrt{2\beta}$ ist, oder, was dasselbe sagt, der Fall $\delta+\varsigma=0$, d. h. der Fall des oscillirenden Pendels in unserem Probleme durch den Fall strenger Commensurabilität ersetzt wird. Wenn wir hierbei den Fall $\delta+\varsigma=0$ und nicht im gewöhnlichen Sinne des Ausdrucks, den Fall $\delta=0$ als den strenger Commensurabilität betrachten, so dürfte dieses durch die vorstehenden Bemerkungen gerechtfertigt sein, wonach der Fall $\delta=0$ ein characteristischer nicht ist, sondern einfach dem rotirenden Pendel entspricht, wie dieses bei einem der Commensurabilität ferne liegendem Falle stattfindet. Dabei hat man auch zu beachten, dass die mittleren Bewegungen gerechnet sind in Bezug auf die beweglichen x-Axen; wir würden eine andere Definition als $\delta+\varsigma=0$ für den dem oscillirenden Pendel entsprechenden Fall, welchen wir auch als den strenger Commensurabilität betrachten, erhalten, wenn wir die Bewegungen auf irgend welche andere Axen, beispielsweise die Apsiden der in jedem Augenblicke osculirenden Ellipsen für die beiden Planeten bezogen hätten. Durch diese Bemerkungen ist wohl das Befremdliche beseitigt, was etwa der Umstand haben könnte, dass nicht die Bedingung $\delta=0$ einen characteristischen Fall darbietet.

Durch den Winkel $\psi+\Theta$ werden, wie schon bemerkt, in die Formel für v zwei Integrationsconstanten eingeführt, welche jedoch nicht in jedem Falle durch die Grössen n und Λ ersetzt werden können. Nehmen wir vorerst an, dass $\delta+\varsigma$ nicht gleich Null sei, so ist einerseits in der Entwickelung für $\psi+\Theta=am\left(\mathfrak{v}v+F,\frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}\right)$ das in v multiplicirte Glied gleich $\frac{\pi}{2K}\mathfrak{v}v$, andererseits soll aber nach der Definitionsgleichung für ψ, da die Grösse R_2 ein Glied von der Form Constans mal v nicht enthält, das in v multiplicirte Glied von ψ gleich $\frac{\delta+\varsigma}{2}v$ sein; da nun hier vorerst Θ als eine Constante betrachten wird, so muss:

$$\frac{\pi}{2K}\mathfrak{v}=\frac{\delta+\varsigma}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

sein, durch welche Gleichung $\mathfrak{v}$ als Funktion von δ, oder, was dasselbe sagt, von n ausgedrückt wird. Weiter aber enthält die Entwickelung von $\psi + \mathfrak{z} = am\left(\mathfrak{v}v + F, \frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}\right)$ einerseits das constante Glied $\frac{\pi}{2K} F$ und andererseits soll R_2 kein constantes Glied enthalten, weil sich dieses in der Gleichung für t, nämlich:

$$nt + \Lambda = v - \frac{1}{\mu} R_2 - 2\int [\varrho]_1 \, dv + 3\int \left[\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv - \cdots$$

nur mit der Constanten Λ vereinigen würde. Nach der Definitionsgleichung (4) des Paragraphen 12 für ψ muss also die Constante von ψ gleich $\Delta + \frac{\Gamma}{2}$ sein, sodass wir die Bedingung:

(13) ..... $\frac{\pi}{2K} F = \Delta + \frac{\Gamma}{2}$

erhalten, welche gestattet, statt F die Grösse Λ, welche in $\Delta = \mu\Lambda - \Lambda'$ vorkommt, einzuführen. In dem Falle, dass $\delta + \varsigma$ verschieden von Null ist, führt also der Winkel $\psi + \mathfrak{z}$ in der That die Integrationsconstanten n und Λ in den Werth von v ein. Nehmen wir aber den Fall $\delta + \varsigma = 0$ an, so ist die mittlere Bewegung n des Planeten mit der Masse m bestimmt durch die Gleichung:

(14) ..... $\delta = 1 - \frac{2n'}{n} = -\varsigma$, d. h. $n = \frac{2n'}{1+\varsigma}$.

Ferner fällt der Winkel Λ ganz aus dem Werthe von v fort, weil die Gleichung:

$$\sin(\psi + \mathfrak{z}) = \frac{\mathfrak{v}}{\sqrt{2\beta}} sn\left(\sqrt{2\beta}\, v + \frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}} F, \frac{\mathfrak{v}}{\sqrt{2\beta}}\right),$$

wenn man $\psi + \mathfrak{z}$ in eine trigonometrische Reihe entwickelt, keine Constante mehr enthält, sondern nur periodische Glieder. Nach der schon erwähnten Definitionsgleichung für ψ ist also die Constante von $\psi + \mathfrak{z}$, nämlich $\Delta + \frac{\Gamma}{2} + \mathfrak{z}$ zum Verschwinden zu bringen, d. h. Λ zu ermitteln aus der Gleichung:

(15) ..... $\Delta + \frac{\Gamma}{2} + \mathfrak{z} = 0.$

An Stelle der auf solche Weise aus den Formeln ganz eliminirten Werthe von n und Λ treten dann die Integrationsconstanten $\mathfrak{v}$ und F, von welchen die letztere ganz willkürlich, die erstere aber an die Bedingung $\mathfrak{v} < \sqrt{2\beta}$ gebunden ist.

Da nach diesen Bemerkungen in $2\psi + 2\mathfrak{z}$ und also auch in $2R_2$ periodische Glieder vorkommen können, deren Coefficienten Grössen von der Ordnung des grösstmöglichen Ausschlages des oscillirenden Pendels, d. h. Grössen von der Ordnung von 180° sind, entsprechend dem Falle in welchem der Modul der elliptischen Funktionen $\frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}$ gleich der Ein-

heit wird, so dürfte zu überblicken sein, dass in der That eine Entwickelung nach den Potenzen von R_2, bei welcher man nur die ersten Potenzen berücksichtigt, absolut unbrauchbar sein kann. Schon die Grösse der Glieder von $2R_2$ selbst nur in dem Falle der approximativen Commensurabilität des nachstehend numerisch behandelten Falles spricht sehr deutlich, wenn nicht gegen die Möglichkeit einer derartigen Entwickelung, so doch jedenfalls gegen die Zweckmässigkeit derselben.

Noch möge darauf besonders aufmerksam gemacht werden, dass nach den mitgetheilten Formeln der Uebergang von den Formeln für die approximative Commensurabilität zu denen für die strenge Commensurabilität erfolgt, ohne dass unendlich kleine Integrationsdivisoren auftreten, wie dieses bei der gewöhnlichen Behandlung des Problems nothwendiger Weise stattfindet. Und zwar gilt diese Bemerkung nicht etwa nur in Bezug auf die in ψ enthaltenen Glieder der wahren Länge, sondern auch in Bezug auf die Glieder von ϱ, wie sofort nach den Entwickelungen der Paragraphen 12 bis 14 einleuchtend ist. Bei dem in Frage stehenden Uebergange handelt es sich ja nur um die Transformation von elliptischen Funktionen auf solche, welche zum reciproken Werthe des Moduls gehören.

Die vorstehenden Bemerkungen sind nun in sofern nicht vollkommen für unser Problem zutreffend, als wir bisher auf die Variabilität von $\beta \cos 2\mathfrak{V}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{V}$ und den Werth von X nicht Rücksicht genommen haben. Bei der Beseitigung dieser Beschränkung erleiden die obigen Bemerkungen kleine Aenderungen; beispielsweise wird im Falle der strengen Commensurabilität die mittlere Bewegung nicht durch die Gleichung $\frac{2n'}{1+\varsigma}$ sondern allgemein durch $\frac{2n'}{1+\sigma}$ dargestellt sein, wobei σ eine Constante von der Ordnung der Masse der grossen Planeten ist, zu deren Unterschiede von ς die Variabilität von $\beta \cos 2\mathfrak{V}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{V}$ und der Werth von X beitragen können. Immerhin geben diese Bemerkungen ein im Ganzen entsprechendes Bild der Sachlage, wenn man die Grösse F nicht als eine Constante und den Modul der elliptischen Funktionen gleichfalls als variabel denkt. In welcher Weise diese Grössen von der Variabilität von $\beta \cos 2\mathfrak{V}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{V}$ und dem Werthe von X abhängen, wollen wir im nächsten Paragraphen kennen lernen. Wir werden uns dabei darauf beschränken, die Formeln für den Fall der approximativen Commensurabilität zu entwickeln, weil der Fall einer strengen Commensurabilität der mittleren Bewegungen im Verhältnisse von 1 zu 2 bei den kleinen Planeten wahrscheinlich nicht vorkommt. Uebrigens dürfte die weitere Behandlung des Falles einer strengen Commensurabilität kaum grössere Schwierigkeiten darbieten, als des einer approximativen Commensurabilität. Jedenfalls aber haben, während alle Entwickelungen bisher für beide Fälle gleichmässig galten, die folgenden Entwickelungen alle nur für den Fall der approximativen Commensurabilität eine reelle Form.

16. Die in diesem Paragraphen auseinandergesetzte Methode zur Integration der Gleichung (5) des vorigen Paragraphen habe ich Herrn Gyldén's Manuscripten entnommen, in welchen sie sich schon fertig vorfand, als ich auf diese Gleichung geführt wurde. Herr

Gyldén, welcher diese Methode selbst noch nicht veröffentlicht hat, gestattete mir freundlichst, sie an dieser Stelle mitzutheilen.

Wir nehmen an, dass das Integral der Gleichung:

$$(1) \quad \frac{d^2\psi}{dv^2} + \beta \sin(2\psi + 2\mathfrak{H}) = X,$$

indem wir mit γ eine vorerst unbestimmte, eine Integrationsconstante einschliessende Funktion bezeichnen, durch die folgende Gleichung dargestellt sei:

$$(2) \quad \left(\frac{d\psi}{dv}\right)^2 = \gamma + \beta \cos(2\psi + 2\mathfrak{H}).$$

Differentiirt man diese Gleichung einmal nach v, so soll die Gleichung (1) daraus resultiren, was nur geschieht, wenn man γ aus der Gleichung:

$$(3) \quad \frac{d\gamma}{dv} = 2\frac{d\psi}{dv} X - \cos 2\psi \frac{d\beta \cos 2\mathfrak{H}}{dv} + \sin 2\psi \frac{d\beta \sin 2\mathfrak{H}}{dv}$$

ermittelt.

Wären nun die Grössen γ, $\beta \cos 2\mathfrak{H}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{H}$ constant, so würde das Integral der Gleichung (2) indem wir mit F eine Integrationsconstante bezeichnen, den folgenden Werth haben:

$$(4) \quad \psi + \mathfrak{H} = am(\mathfrak{v}v + F, k),$$

$\mathfrak{v}$ würde dabei gleich $\sqrt{\gamma + \beta}$ sein, $k = \sqrt{\frac{2\beta}{\gamma+\beta}} = \frac{\sqrt{2\beta}}{\mathfrak{v}}$. Um aber die Variabilität von γ, $\beta \cos 2\mathfrak{H}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{H}$ zu berücksichtigen, können wir zwar die Gleichung (4) und die Gleichung für k, nämlich:

$$(5) \quad k^2 = \frac{2\beta}{\gamma+\beta}$$

beibehalten, müssen dann aber erstens F als eine veränderliche Grösse betrachten und müssen zweitens darauf verzichten, den Werth von $\mathfrak{v}$ gleich $\sqrt{\gamma+\beta}$ zu erhalten. Was den letzten Punkt betrifft, ist klar, dass der Grund, welcher uns im vorigen Paragraphen veranlasst hat, die Gleichung:

$$(6) \quad \frac{\pi}{2K}\mathfrak{v} = \frac{\delta+\varsigma}{2}$$

aufzustellen, in welcher:

$$K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}}$$

ist, auch hier bestehen bleibt. Obschon also sowohl $\mathfrak{v}$ als K variabele Grössen sind, muss doch der Ausdruck $\frac{\pi}{2K}\mathfrak{v}$ den constanten Werth $\frac{\delta+\varsigma}{2}$ haben; $\mathfrak{v}$ ist also bestimmt, wenn

k bestimmt ist und dieses seinerseits folgt aus dem Werthe von γ, welcher, abgesehen von einer Integrationsconstanten, durch die Integration der Gleichung (3) erhalten wird. Die einzige Grösse also, über welche wir in geeigneter Weise bestimmen dürfen, damit die Gleichung (4) ein Integral der Gleichung (2) sei, ist F.

Wir setzen, um die Bestimmung von F auszuführen, zur Abkürzung:

$$\omega = \mathfrak{v}v + F \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

und erhalten dann durch Differentiation der Gleichung (4), die Relation:

$$\frac{d\psi}{dv} + \frac{d\mathfrak{S}}{dv} = dn\omega \, \frac{d\omega}{dv} + \frac{\partial am\omega}{\partial k} \, \frac{dk}{dv} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Da nun aus (7) die Gleichung:

$$\frac{d\omega}{dv} = \mathfrak{v} + v \, \frac{d\mathfrak{v}}{dv} + \frac{dF}{dv}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

aus (6) die Gleichung:

$$\frac{d\mathfrak{v}}{dv} = \mathfrak{v} \, \frac{\partial \log \frac{2K}{\pi}}{\partial k} \, \frac{dk}{dv} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

hervorgeht und schliesslich die Relation:

$$\frac{\partial am\omega}{dk} = - \, dn\omega \, \frac{\partial \log \frac{2K}{\pi}}{\partial k} \cdot \omega - \frac{dn\omega}{kk'^2} \, \frac{\partial \log \theta_3(\omega)}{\partial \omega} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

besteht, so nimmt die Gleichung (8) die folgende Gestalt an:

$$\frac{1}{dn\omega}\left(\frac{d\psi}{dv} + \frac{d\mathfrak{S}}{dv}\right) = \frac{2K}{\pi} \cdot \frac{\delta + \varsigma}{2} + \frac{dF}{dv} - F \, \frac{\partial \log \frac{2K}{\pi}}{\partial k} \, \frac{dk}{dv} - \frac{1}{kk'^2} \, \frac{\partial \log \theta_3(\omega)}{\partial \omega} \cdot \frac{dk}{dv}. \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

Die Bedeutung von k' und $\theta_3(\omega)$ ist die gewöhnliche; es ist nämlich:

$$k'^2 = 1 - k^2$$

und wenn man mit K' das zu dem complementären Modul gehörige vollständige elliptische Integral erster Art bezeichnet und

$$q = e^{-\pi \frac{K'}{K}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

setzt,

$$\frac{\partial \log \theta_3(\omega)}{\partial \omega} = - \frac{\pi}{2K}\left(\frac{4q}{1-q^2} \sin 2 \, \frac{\pi}{2K} \, \omega - \frac{4q^2}{1-q^4} \sin 4 \, \frac{\pi}{2K} \, \omega + \cdots\right) \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Aus der Gleichung (12) kann man nun $\frac{d\psi}{dv}$ vermittelst des aus der Gleichung (2) folgenden Werthes:

$$\frac{1}{dn\omega} \, \frac{d\psi}{dv} = \sqrt{\gamma + \beta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

eliminiren um eine Differentialgleichung zur Bestimmung von F zu erhalten; einfacher wird die leicht anzusetzende Gleichung, wenn man an Stelle von F die Variabele G einführt, welche definirt ist durch die Gleichung:

$$(16) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad G = F - \frac{2K}{\pi}\vartheta.$$

Setzt man den hieraus folgenden Werth von $\frac{dF}{dv}$, nämlich:

$$(17) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \frac{dF}{dv} = \frac{dG}{dv} + \frac{2K}{\pi}\left(\frac{d\vartheta}{dv} + \vartheta\,\frac{\partial \log \frac{2K}{\pi}}{\partial k}\,\frac{dk}{dv}\right)$$

in die Gleichung (12) ein und löst sie mit Rücksicht auf (15) nach G auf, so folgt:

$$(18) \quad \ldots \left\{ \begin{aligned} \frac{\pi}{2K}\left(\frac{dG}{dv} - \frac{\partial \log \frac{2K}{\pi}}{\partial k}\,G\,\frac{dk}{dv}\right) = \frac{d\,\frac{\pi}{2K}G}{dv} = {} & \frac{\pi}{2K}\sqrt{\gamma+\beta} - \frac{\delta+\varsigma}{2} + \left(\frac{\pi}{2K}\,\frac{1}{dn\omega} - 1\right)\frac{d\vartheta}{dv} \\ & + \frac{\pi}{2K}\,\frac{1}{kk'^2}\,\frac{\partial \log \vartheta_3(\omega)}{\partial \omega}\,\frac{dk}{dv}. \end{aligned} \right.$$

Indem man das Integral dieser Gleichung ansetzt, hat man zu beachten, dass die Integrationsconstante nicht willkührlich ist, sondern der Bedingung unterliegt, dass der Ausdruck:

$$R_2 = \psi - \frac{\delta+\varsigma}{2}\,v - \Delta - \frac{\Gamma}{2}$$

nach der Definition für R_2 keine Constante einschliesst; da nun in der Reihenentwickelung für $\psi = am\,(vv + F, k) - \vartheta$ eine Constante nur aus dem Theile $\frac{\pi}{2K}F - \vartheta = \frac{\pi}{2K}G$ resultirt, so muss die Integrationsconstante von $\frac{\pi}{2K}G$ gleich $\Delta + \frac{\Gamma}{2}$ sein. Wir erhalten also aus (18) den Werth von $\frac{\pi}{2K}G$ in der folgenden Form:

$$(19) \quad \ldots \frac{\pi}{2K}G = \Delta + \frac{\Gamma}{2} + \int\left\{\frac{\pi}{2K}\sqrt{\gamma+\beta} - \frac{\delta+\varsigma}{2} + \left(\frac{\pi}{2K}\,\frac{1}{dn\omega} - 1\right)\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{\pi}{2K}\,\frac{1}{kk'^2}\,\frac{\partial \log \vartheta_3(\omega)}{\partial \omega}\,\frac{dk}{dv}\right\}dv.$$

Für die in dieser Formel auftretende Grösse γ erhält man, indem man mit α eine Integrationsconstante bezeichnet, vermittelst der Gleichungen (3) und (15) die Formel:

$$(20^a) \quad \ldots \gamma = \alpha - \int\left(\cos 2\psi\,\frac{d\beta\cos 2\vartheta}{dv} - \sin 2\psi\,\frac{d\beta \sin 2\vartheta}{dv}\right)dv + 2\int\sqrt{\gamma+\beta}\;dn\omega\;\mathrm{X}\;dv.$$

In dieser Formel kommt auf der rechten Seite die Grösse γ selbst wieder vor, doch kann dort der Werth gesetzt werden, welchen man durch allmälige Näherung erhält, indem man in erster Näherung nur die ersten beiden Glieder, welche weit grösser sind, als das

zweite, berücksichtigt. In manchen Fällen dürfte es übrigens vortheilhaft sein, mit Benutzung des Werthes:

$$\frac{d\psi}{dv} = \frac{\delta+\varsigma}{2} + \frac{dR_2}{dv}$$

der Formel für γ die folgende Gestalt zu geben:

$$\gamma = \mathfrak{a} - \int\left(\cos 2\psi \frac{d\beta \cos 2\mathfrak{H}}{dv} - \sin 2\psi \frac{d\beta \sin 2\mathfrak{H}}{dv}\right) dv + (\delta+\varsigma)\int \mathrm{X}\, dv + 2\int \mathrm{X} \frac{dR_2}{dv} dv \quad \ldots (20^b)$$

Beachtet man schliesslich, dass die Gleichungen (6), (7) und (16) die folgenden Werthe von $2\frac{\pi}{2K}\omega$ ergeben:

$$2\frac{\pi}{2K}\omega = (\delta+\varsigma)\, v + 2\mathfrak{H} + 2\frac{\pi}{2K} G, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

so erhält man aus der Formel (4), indem man die Amplitude in die bekannte Reihe entwickelt:

$$\left.\begin{aligned} \psi = & \frac{\delta+\varsigma}{2} v + \Delta + \frac{\Gamma}{2} + R_2 \\ = & \frac{\delta+\varsigma}{2} v + \frac{\pi}{2K} G + \frac{2q}{1+q^2}\sin\left((\delta+\varsigma) v + 2\mathfrak{H} + 2\frac{\pi}{2K} G\right) \\ & + \frac{2q^2}{2(1+q^4)}\sin 2\left((\delta+\varsigma) v + 2\mathfrak{H} + 2\frac{\pi}{2K} G\right) + \frac{2q^3}{3(1+q^6)}\sin 3\left((\delta+\varsigma) v + 2\mathfrak{H} + 2\frac{\pi}{2K} G\right) + \cdots \end{aligned}\right\} (22)$$

Die Formel (19) für $\frac{\pi}{2K} G$ haben wir noch etwas weiter zu entwickeln. In den folgenden Entwickelungen bietet die Einführung des transformirten Moduls k_1 an Stelle des Moduls k bedeutende Vortheile dar. Wir haben dann, indem wir mit K_1 das vollständige elliptische Integral erster Art, welches zum Modul k_1 gehört, bezeichnen, die folgenden Relationen:

$$\left.\begin{aligned} & k'^2 = \frac{\gamma-\beta}{\gamma+\beta}, \qquad k_1 = \frac{1-k'}{1+k'} = \frac{\beta}{\gamma + \sqrt{\gamma^2-\beta^2}}, \\ & \frac{\pi}{2K_1} = \frac{\pi}{2K}(1+k_1), \qquad \left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 \frac{1}{k'} = \frac{1}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2, \\ & \frac{\pi}{2K}\sqrt{\gamma+\beta} = \frac{\pi}{2K_1}\cdot\frac{\sqrt{\gamma+\beta}+\sqrt{\gamma-\beta}}{2} = \sqrt{\gamma}\,\frac{\pi}{2K_1}\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}}, \\ & \frac{\pi}{2K}\frac{1}{dn\omega} = \frac{1}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2\left(1 - \frac{4q}{1+q^2}\cos 2\frac{\pi}{2K}\omega + \frac{4q^2}{1+q^4}\cos 4\frac{\pi}{2K}\omega - \cdots\right), \\ & \frac{1}{k'}\frac{dk}{k} = \frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\beta^2}{\gamma^2}}}\left(\frac{d\beta}{\beta} - \frac{d\gamma}{\gamma}\right), \end{aligned}\right\} (23)$$

Fügt man diesem Systeme von Formeln die Gleichung (14) hinzu, so ist es leicht, der Gleichung (19) die folgende Gestalt zu geben:

$$(24)\quad \frac{\pi}{2K}G = \Delta + \frac{\Gamma}{2} + \int \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\gamma}\,\frac{\pi}{2K_1}\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} - \frac{\delta+\zeta}{2} \\ + \left[\frac{1}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2\left(1 - \frac{4q}{1+q^2}\cos 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\right.\right. \\ \qquad + \frac{4q^2}{1+q^4}\cos 4\frac{\pi}{2K}\,\omega - \cdots\Big) - 1\Big]\frac{d\vartheta}{dv} \\ + \left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2\frac{1}{1-k_1^2}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\beta^2}{\gamma^2}}}\left(\frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dv} - \frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right)\left(\frac{2q}{1-q^2}\sin 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\right. \\ \qquad - \frac{2q^2}{1-q^4}\sin 4\frac{\pi}{2K}\,\omega + \cdots\Big) \end{array} \right\} dv.$$

Diese Gleichung zerlegen wir in eine Reihe von Integralen, deren Character leichter zu übersehen ist. Es sei:

$$(25)\quad \left\{ \begin{array}{l} H_1 = \int\left\{\sqrt{\gamma}\,\frac{\pi}{2K_1}\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} - \frac{\delta+\zeta}{2} + \left(\frac{1}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1\right)\frac{d\vartheta}{dv}\right\}dv, \\ H_2 = -\int \frac{4}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 \left\{ \begin{array}{l} q\left(\cos 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{1}{2}\sin 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right) \\ -q^2\left(\cos 4\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{1}{2}\sin 4\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right) \\ +q^3\left(\cos 6\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{1}{2}\sin 6\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right)\cdots \end{array} \right\} dv, \\ H_3 = +\int \frac{4}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 \left\{ \begin{array}{l} q^3\left(\cos 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} - \frac{1}{2}\sin 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right) \\ -q^6\left(\cos 4\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} - \frac{1}{2}\sin 4\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right) \\ +q^9\left(\cos 6\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} - \frac{1}{2}\sin 6\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right)\cdots \end{array} \right\} dv, \\ H_4 = -\int \frac{4}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 \left\{ \begin{array}{l} q^5\left(\cos 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{1}{2}\sin 2\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right) \\ -q^{10}\left(\cos 4\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{1}{2}\sin 4\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right) \\ +q^{15}\left(\cos 6\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{d\vartheta}{dv} + \frac{1}{2}\sin 6\frac{\pi}{2K}\,\omega\cdot\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\right)\cdots \end{array} \right\} dv, \\ \text{etc.} \\ L_1 = -\frac{1}{2}\int \frac{4}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2\left\{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\beta^2}{\gamma^2}}} - 1\right\}\left\{\frac{q}{1-q^2}\sin 2\frac{\pi}{2K}\,\omega - \frac{q^2}{1-q^4}\sin 4\frac{\pi}{2K}\,\omega + \cdots\right\}\frac{1}{\beta}\frac{d\beta}{dv}\,dv, \\ M_1 = +\frac{1}{2}\int \frac{4}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\beta^2}{\gamma^2}}}\left\{\frac{q}{1-q^2}\sin 2\frac{\pi}{2K}\,\omega - \frac{q^2}{1-q^4}\sin 4\frac{\pi}{2K}\,\omega + \cdots\right\}\frac{1}{\gamma}\frac{d\gamma}{dv}\,dv; \end{array} \right.$$

dann ist:

$$\frac{\pi}{2K} G = \Delta + \frac{\Gamma}{2} + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \cdots + L_1 + M_1. \quad \ldots\ldots (26)$$

Der wesentlichste variabele Theil der vorstehenden Reihe ist H_1, in sofern man in diesem Ausdrucke die Glieder von der Form A) beachtet. Ausserdem würde in der Formel für H_1 unter dem Integralzeichen eine Constante vorkommen, wenn man nicht, damit δ aus der wirklichen mittleren Bewegung abgeleitet sei, dafür sorgen müsste, dass der Ausdruck $\frac{\pi}{2K} G$ keine Glieder von der Form Constans mal v einschliesst. Da nun, wie leicht zu sehen, die constanten Glieder unter den Integralzeichen bei allen übrigen Theilen von $\frac{\pi}{2K} G$ sehr wesentlich kleiner sein müssen, als bei H_1, so ist die Integrationsconstante $\mathfrak{a}$, welche im Ausdrucke für γ vorkommt, wenn man δ als gegeben betrachtet, oder umgekehrt, wenn $\mathfrak{a}$ als bekannt angesehen wird, die Constante δ oder die mittlere Bewegung zu bestimmen aus der Gleichung:

$$\Delta\left\{\sqrt{\gamma}\,\frac{\pi}{2K_1}\,\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} - \frac{\delta+\varsigma}{2} + \left(\frac{1}{1-k_1^2}\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1\right)\frac{d\mathfrak{F}}{dv}\right\} = 0\,, \quad \ldots\ldots (27)$$

in welcher das Zeichen Δ die früher erklärte Bedeutung hat.

17. Ehe wir zur weiteren Entwickelung der vorstehenden von Herrn Gyldén aufgestellten Formeln übergehen, müssen wir die in unserem Ausdrucke für X vorkommenden Grössen:

$$\cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi}, \quad \sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi}$$

d. h. die Glieder von $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ bestimmen, welche von der Form (A) sind.

Es ist nun:

$$\cos 2\psi = \cos(2am\omega - 2\mathfrak{F}), \quad \sin 2\psi = \sin(2am\omega - 2\mathfrak{F})$$

und, da bekanntlich, indem E das vollständige elliptische Integral zweiter Art, zum Modul k gehörig, bezeichnet:

$$\cos 2am\omega = \frac{2\frac{E}{K} - 1 - k'^2}{k^2} + 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{q}{1-q^2}\cos 2\,\frac{\pi}{2K}\,\omega + \frac{2q^2}{1-q^4}\cos 4\,\frac{\pi}{2K}\,\omega \\ \qquad + \frac{3q^3}{1-q^6}\cos 6\,\frac{\pi}{2K}\,\omega + \cdots \end{array} \right\},$$

$$\sin 2am\omega = 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{q}{1+q^2}\sin 2\,\frac{\pi}{2K}\,\omega + \frac{2q^2}{1+q^4}\sin 4\,\frac{\pi}{2K}\,\omega \\ \qquad + \frac{3q^3}{1+q^6}\sin 6\,\frac{\pi}{2K}\,\omega + \cdots \end{array} \right\}$$

oder durch Entwickelung nach den Potenzen von q:

$$\cos 2am\omega = \frac{2\frac{E}{K}-1-k'^2}{k^2} + 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 \left\{\begin{array}{l} q\cos 2\frac{\pi}{2K}\omega + q^3\cos 2\frac{\pi}{2K}\omega \\ \qquad + q^5\cos 2\frac{\pi}{2K}\omega + \cdots \\ + 2q^2\cos 4\frac{\pi}{2K}\omega + 2q^6\cos 4\frac{\pi}{2K}\omega \\ \qquad + 2q^{10}\cos 4\frac{\pi}{2K}\omega + \cdots \\ + 3q^3\cos 6\frac{\pi}{2K}\omega + 3q^9\cos 6\frac{\pi}{2K}\omega \\ \qquad + 3q^{15}\cos 6\frac{\pi}{2K}\omega + \cdots \\ + \cdots \end{array}\right\},$$

$$\sin 2am\omega = 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 \left\{\begin{array}{l} q\sin 2\frac{\pi}{2K}\omega - q^3\sin 2\frac{\pi}{2K}\omega \\ \qquad + q^5\sin 2\frac{\pi}{2K}\omega - \cdots \\ + 2q^2\sin 4\frac{\pi}{2K}\omega - 2q^6\sin 4\frac{\pi}{2K}\omega \\ \qquad + 2q^{10}\sin 4\frac{\pi}{2K}\omega - \cdots \\ + 3q^3\sin 6\frac{\pi}{2K}\omega - 3q^9\sin 6\frac{\pi}{2K}\omega \\ \qquad + 3q^{15}\sin 6\frac{\pi}{2K}\omega - \cdots \\ + \cdots \end{array}\right\}$$

ist, so erhält man leicht die folgenden Formeln für $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$:

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \cos 2\psi = \frac{2\frac{E}{K}-1-k'^2}{k^2}\cos 2\vartheta + 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 \left\{\begin{array}{l} q\cos\left(2\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) + q^3\cos\left(2\frac{\pi}{2K}\omega + 2\vartheta\right) \\ \qquad + q^5\cos\left(2\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) + \cdots \\ + 2q^2\cos\left(4\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) + 2q^6\cos\left(4\frac{\pi}{2K}\omega + 2\vartheta\right) \\ \qquad + 2q^{10}\cos\left(4\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) + \cdots \\ + 3q^3\cos\left(6\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) + 3q^9\cos\left(6\frac{\pi}{2K}\omega + 2\vartheta\right) \\ \qquad + 3q^{15}\cos\left(6\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) + \cdots \\ + \cdots \end{array}\right\}, \\ \sin 2\psi = -\frac{2\frac{E}{K}-1-k'^2}{k^2}\sin 2\vartheta + 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 \left\{\begin{array}{l} q\sin\left(2\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) - q^3\sin\left(2\frac{\pi}{2K}\omega + 2\vartheta\right) \\ \qquad + q^5\sin\left(2\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) - \cdots \\ + 2q^2\sin\left(4\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) - 2q^6\sin\left(4\frac{\pi}{2K}\omega + 2\vartheta\right) \\ \qquad + 2q^{10}\sin\left(4\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) - \cdots \\ + 3q^3\sin\left(6\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) - 3q^9\sin\left(6\frac{\pi}{2K}\omega + 2\vartheta\right) \\ \qquad + 3q^{15}\sin\left(6\frac{\pi}{2K}\omega - 2\vartheta\right) - \cdots \\ + \cdots \end{array}\right\} \end{array}\right.$$

Ein Blick auf die früheren Entwickelungen zeigt nun, dass im Werthe von γ und folglich im Werthe von k die wichtigsten Glieder neben den Constanten diejenigen von der Form (A) sind, weil diese Glieder theilweise aus dem Aggregate $\cos 2\psi \frac{d\beta \cos 2\mathfrak{H}}{dv} - \sin 2\psi \frac{d\beta \sin 2\mathfrak{H}}{dv}$ und theilweise aus denjenigen Gliedern der Funktion X hervorgehen, deren Argumente die oben erwähnte Form haben und welche in X zu den Gliedern niedrigster Ordnung gehören, und weil diese Glieder in Folge der Integration nach v in γ mit einem Divisor von der Ordnung der Masse m' behaftet, eingehen. Die bei weitem wesentlichsten Theile der Funktionen:

$$\frac{2\frac{E}{K} - 1 - k'^2}{k^2} \cos 2\mathfrak{H} \quad \text{und} \quad -\frac{2\frac{E}{K} - 1 - k'^2}{k^2} \sin 2\mathfrak{H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

werden daher die Formen bezüglich von $\eta \cos(\pi - \Gamma)$ und $\eta \sin(\pi - \Gamma)$ haben und gerade diese Funktionen liefern die wesentlichsten Theile von bezüglich:

$$\cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi} \quad \text{und} \quad \sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi}.$$

Wir wollen die Ausdrücke (2) in eine etwas andere Form bringen. Bezeichnen wir, wie vorher, mit K_1 das elliptische Integral erster Art, mit E_1 dagegen das elliptische Integral zweiter Art in Bezug auf den transformirten Modul k_1, so ist bekanntlich:

$$K = (1+k_1) K_1, \quad E = \frac{2}{1+k_1} E_1 - (1-k_1) K_1,$$

also:

$$\frac{2\frac{E}{K} - 1 - k'^2}{k^2} = \frac{1}{k_1}\left(\frac{E_1}{K_1} - 1\right).$$

Nun ist:

$$\frac{1}{K_1} = \frac{2}{\pi}\left\{1 - \frac{1}{4} k_1^2 - \frac{5}{64} k_1^4 - \frac{11}{256} k_1^6 - \frac{469}{16384} k_1^8 - \cdots\right\},$$

$$E_1 = \frac{\pi}{2}\left\{1 - \frac{1}{4} k_1^2 - \frac{3}{64} k_1^4 - \frac{5}{256} k_1^6 - \frac{175}{16384} k_1^8 - \cdots\right\}$$

und folglich:

$$\frac{2\frac{E}{K} - 1 - k'^2}{k^2} = \frac{1}{k_1}\left(\frac{E_1}{K_1} - 1\right) = -\frac{1}{2} k_1 - \frac{1}{16} k_1^3 - \frac{1}{32} k_1^5 - \frac{41}{2048} k_1^7 - \cdots \quad \ldots\ldots (3)$$

Hätte man diesen Ausdruck nach Potenzen von k^2 entwickelt, so zeigt die Formel:

$$k^2 = \frac{4k_1}{(1+k_1)^2}$$

dass das erste Glied gleich $-\frac{1}{8} k^2$ gewesen sein würde. Da nun anzunehmen sein wird,

dass β einen einigermaassen kleinen Werth gegen γ haben wird, damit $k = \sqrt{\frac{2\beta}{\gamma+\beta}}$ nicht zu nahe der Einheit liege und der constante Theil α von γ gegen den variabelen einigermaassen beträchtlich sei, so wird das erwähnte erste Glied mit einem gewissen Grade der Genauigkeit gleich $-\frac{1}{4}\frac{\beta}{\alpha}$ sein. Setzen wir also:

$$(4) \qquad \vartheta = -4\frac{\alpha}{\beta}\cdot\frac{2\frac{E}{K}-1-k'^2}{k^2},$$

so ist ϑ eine variabele Grösse, welche von der Einheit nicht beträchtlich verschieden ist und in welcher neben dem constanten Theile die wesentlichsten Glieder diejenigen von der Form (A) sind. Diese Grösse ist mit Rücksicht auf die Entwickelung (3) vermittelst des transformirten Moduls k_1 bestimmt durch die Gleichung:

$$(5) \qquad \vartheta = \frac{2\alpha}{\beta}\left\{k_1 + \frac{1}{8}k_1^3 + \frac{1}{16}k_1^5 + \frac{41}{1024}k_1^7 + \cdots\right\}$$

Wir haben also die Relationen:

$$(6) \qquad \cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi} = -\frac{1}{4}\frac{\beta}{\alpha}\cos 2\Im\,.\,\vartheta, \qquad \sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi} = +\frac{1}{4}\frac{\beta}{\alpha}\sin 2\Im\,.\,\vartheta.$$

Da die Grösse α nach der Gleichung (27) des vorigen Paragraphen von derselben Ordnung wie $(\delta+\varsigma)^2$ ist, hat man sie als eine Grösse nullter Ordnung in Bezug auf die Masse m' anzusehen, deren Werth jedoch mit dem Werthe von m' vergleichbar sein kann, wenn die Commensurabilität eine genügend genäherte ist. Formell aber sind die Ausdrücke (6) Grössen von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m'.

Nehmen wir von den Entwickelungen von $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ nur die Hauptglieder mit, so wird mit Rücksicht auf die Gleichung (21) des vorigen Paragraphen:

$$(7) \qquad \begin{cases} \cos 2\psi = -\frac{1}{4}\frac{\beta}{\alpha}\cos 2\Im\,.\,\vartheta + 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\cos\left((\delta+\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G\right) \\ \qquad\qquad + 32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\cos\left(2(\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G + 2\Im\right) \\ \sin 2\psi = +\frac{1}{4}\frac{\beta}{\alpha}\sin 2\Im\,.\,\vartheta + 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\sin\left((\delta+\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G\right) \\ \qquad\qquad + 32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\sin\left(2(\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G + 2\Im\right). \end{cases}$$

Der Factor $16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q$ ist eine Grösse, welche sich für einigermaassen kleine Werthe von k_1^2 wenig von der Einheit unterscheidet; es ist nämlich:

$$16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = \left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2\frac{4}{k_1}q;$$

für $\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2$ aber besteht die Entwickelung:

$$\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 = \left\{1 - \frac{1}{4}k_1^2 - \frac{5}{64}k_1^4 - \frac{11}{256}k_1^6 - \cdots\right\}^2$$
$$= 1 - \frac{1}{2}k_1^2 - \frac{3}{32}k_1^4 - \frac{3}{64}k_1^6 - \cdots$$

und da ausserdem:

$$-\log k' = \log\frac{1+k_1}{1-k_1} = 2k_1 + \frac{2}{3}k_1^3 + \frac{2}{5}k_1^5 + \frac{2}{7}k_1^7 + \cdots = 8q + \frac{32}{3}q^3 + \frac{48}{5}q^5 + \frac{64}{7}q^7 + \cdots$$

ist, so wird leicht die folgende Reihe für q gefunden:

$$q = \frac{1}{4}k_1 + \frac{1}{16}k_1^3 + \frac{17}{512}k_1^5 + \frac{45}{2048}k_1^7 + \cdots \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

Mit Hülfe dieser Reihen erhalten wir:

$$16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = 1 - \frac{1}{4}k_1^2 - \frac{11}{128}k_1^4 - \frac{25}{512}k_1^6 - \cdots \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

Der Werth von q ist formell eine Grösse von der ersten Ordnung in Bezug auf die Masse m', kann aber in den Fällen einer genügend genäherten Commensurabilität sehr beträchtlich gegen m' sein, scheint aber in allen Fällen des Sonnensystems klein zu sein gegen die Einheit.

Die vorstehenden Entwickelungen wollen wir nun verwenden, um die Haupttheile von γ und $\frac{\pi}{2K}G$ zu bestimmen, nämlich die Theile von der Form (A). In der Formel für X (6) des Paragraphen 15 wollen wir das in $\frac{d\psi}{dv}$ multiplicirte, sicher unwesentliche Glied unterdrücken und die in Frage stehenden Glieder der übrigen Theile aufsuchen.

In dem Ausdrucke:

$$\sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv + \cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv$$

können, da die Ausdrücke $\overline{\cos 2\psi}$ und $\overline{\sin 2\psi}$ keine Glieder von der Form (A) enthalten, Glieder von der erwähnten Form nur vorkommen, insofern man für $\cos 2\psi$ und $\overline{\cos 2\psi}$ und $\sin 2\psi$ und $\overline{\sin 2\psi}$ die 2., 3., und folgenden Glieder der Entwickelungen (7) setzt. Nehmen wir beispielsweise nur die Hauptglieder an:

$$\cos 2\psi = \overline{\cos 2\psi} = \cos\left((\delta + \varsigma)\, v + 2\frac{\pi}{2K}G\right)$$
$$\sin 2\psi = \overline{\sin 2\psi} = \sin\left((\delta + \varsigma)\, v + 2\frac{\pi}{2K}G\right),$$

so wird:

$$\int \cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)dv = \frac{\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)}{\delta+\varsigma} - \frac{2}{\delta+\varsigma}\int \cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\,dv,$$

$$\int \sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)dv = -\frac{\cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)}{\delta+\varsigma} - \frac{2}{\delta+\varsigma}\int \sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\,dv,$$

also:

$$\text{(a)}\quad \left\{\begin{array}{l} \sin 2\psi\int\overline{\sin 2\psi}\,dv \\ +\cos 2\psi\int\overline{\cos 2\psi}\,dv \end{array}\right\} = -\frac{2}{\delta+\varsigma}\left\{\begin{array}{l} \sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)\int\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\,dv \\ +\cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)\int\cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\,dv \end{array}\right\}.$$

In dieser Formel sind die von Integralzeichen freien Glieder, welche wesentlich grösser sind als die mit den Integralzeichen behafteten Glieder, wenn nicht geradezu $\delta+\varsigma$ eine Grösse von der Ordnung von $\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}$ d. h. von der Ordnung der Masse ist, ausgefallen. Nach demselben Principe kann man die vorstehende Formel auch weiter reduciren. Es ist nämlich:

$$\begin{aligned}\int \cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\,dv = {} & \frac{\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)}{\delta+\varsigma}\,\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv} \\ & -\frac{2}{\delta+\varsigma}\int\cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\left(\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\right)^2 dv \\ & -\frac{1}{\delta+\varsigma}\int\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d^2\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv^2}\,dv,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\int \sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\,dv = {} & -\frac{\cos\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G\right)}{\delta+\varsigma}\,\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv} \\ & -\frac{2}{\delta+\varsigma}\int\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\left(\frac{d\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv}\right)^2 dv \\ & +\frac{1}{\delta+\varsigma}\int\cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\frac{d^2\,\frac{\pi}{2K}\,G}{dv^2}\,dv\end{aligned}$$

und folglich indem wieder die Hauptglieder wegfallen:

$$\text{(b)}\quad \left\{\begin{array}{l} \sin 2\psi\int\overline{\sin 2\psi}\,dv \\ +\cos 2\psi\int\overline{\cos 2\psi}\,dv \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l} \frac{4}{(\delta+\varsigma)^2}\left\{\begin{array}{l} \cos\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\int\cos\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\left(\frac{d\,\frac{\pi}{2K}G}{dv}\right)^2 dv \\ +\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\int\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\left(\frac{d\,\frac{\pi}{2K}G}{dv}\right)^2 dv \end{array}\right\} \\ +\frac{2}{(\delta+\varsigma)^2}\left\{\begin{array}{l} \cos\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\int\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\frac{d^2\,\frac{\pi}{2K}G}{dv^2}\,dv \\ -\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\int\cos\left((\delta+\varsigma)v+2\,\frac{\pi}{2K}G\right)\frac{d^2\,\frac{\pi}{2K}G}{dv^2}\,dv \end{array}\right\} \end{array}\right\}.$$

Hier sind, da für $\frac{d\frac{\pi}{2K}G}{dv}$ nur die Glieder von der Form (A) zu setzen sind um den gleicher Form angehörenden Theil von $\sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv + \cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv$ zu erhalten, sowohl $\left(\frac{d\frac{\pi}{2K}G}{dv}\right)^2$ als $\frac{d^2\frac{\pi}{2K}G}{dv^2}$ Glieder von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m'. Es sind also alle Glieder der Form (b) gegen die Glieder der Form (a) im Verhältnisse $\frac{m'}{\delta+\varsigma}$ kleiner; diejenigen Glieder von (b), welche $\left(\frac{d\frac{\pi}{2K}G}{dv}\right)^2$ unter dem Integralzeichen enthalten, nochmals nach der angewendeten Methode behandelt, werden nochmals in demselben Verhältnisse verkleinert; von den Gliedern aber, welche den Factor $\frac{d^2\frac{\pi}{2K}G}{dv^2}$ unter dem Integralzeichen einschliessen, bleibt bis auf höhere Glieder der Rest:

$$\sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv + \cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv = -\frac{2}{(\delta+\varsigma)^3}\frac{d^2\frac{\pi}{2K}G}{dv^2}, \quad \ldots\ldots\ (c)$$

welchen wir als ganz unwesentlich vernachlässigen. In der That ist dieser Rest im Verhältnisse $\frac{m'^2}{(\delta+\varsigma)^2}$ kleiner als die Werthe von $\sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv$ und $\cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv$ einzeln.

Eine ganz analoge Betrachtung liesse sich anstellen, wenn man für $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ andere Glieder in Betracht zöge. Die Glieder von der Form (A) sind daher, als ausserordentlich unbedeutend in dem Ausdrucke:

$$\sin 2\psi \int \overline{\sin 2\psi}\, dv + \cos 2\psi \int \overline{\cos 2\psi}\, dv$$

wegzulassen.

Wir gehen nun dazu über die Hauptglieder des Ausdrucks:

$$\eta \cos(\pi - \Gamma)(\sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi}) + \eta \sin(\pi - \Gamma)(\cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi})$$

zu berechnen. Vermittelst der Gleichung (6) dieses Paragraphen und der Gleichungen (4) des Paragraphen 15 erhält man für diesen Ausdruck den Werth:

$$\left.\begin{aligned}&\eta \cos(\pi - \Gamma)(\sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi})\\ &+\eta \sin(\pi - \Gamma)(\cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi})\end{aligned}\right\} = -\frac{\mu\gamma_2}{2a}\,\varkappa\,\eta\eta' \sin\left((\varsigma - \mu\varsigma')v + \pi - \pi'\right).$$

Die dritte und vierte Zeile des Ausdruckes für X (6) des Paragraphen 15, nach den vorstehenden Bemerkungen die wesentlichsten Glieder von X, lassen sich also in den nachfolgenden Ausdruck zusammenziehen:

$$(10)\ldots\ldots\ X = \left(2\mu\gamma_4 + \frac{3}{4}\mu^2\frac{\gamma_0\gamma_2}{\mathfrak{a}(1-\varsigma)}\mathfrak{z}\right)\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi-\pi'\right)-\frac{3}{2}\mu\frac{d\eta^2}{dv}.$$

In diesem Ausdrucke ist das Glied $\frac{3}{4}\frac{\mu^2\gamma_0\gamma_2}{\mathfrak{a}(1-\varsigma)}\mathfrak{z}$ formell von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m'; es wird aber durch den Divisor $\mathfrak{a}$ selbst nur in den Fällen einer rohen Approximation an die Commensurabilität der mittleren Bewegungen so wesentlich vergrössert, dass es an Grösse mit der Constanten $2\mu\gamma_4$ vergleichbar wird, welche in Bezug auf die Masse m' von der ersten Ordnung ist.

Den wesentlichsten Theil des Werthes von γ, welcher von dem Werthe des Integrales über den Ausdruck:

$$-\left(\cos 2\psi\frac{d\beta\cos 2\mathfrak{H}}{dv} - \sin 2\psi\frac{d\beta\sin 2\mathfrak{H}}{dv}\right)$$

herrührt, erhält man, indem man für $\cos 2\psi$ und $\sin 2\psi$ die Theile, welche durch die Gleichung (6) gegeben sind, substituirt. Für diesen Ausdruck erhält man dann den Werth:

$$(11)\ldots\ldots\ldots\ldots -\left(\cos 2\psi\frac{d\beta\cos 2\mathfrak{H}}{dv} - \sin 2\psi\frac{d\beta\sin 2\mathfrak{H}}{dv}\right) = \frac{1}{4}\mathfrak{z}\frac{\beta}{\mathfrak{a}}\frac{d\beta}{dv}.$$

Substituirt man nun die Werthe (10) und (11) in die Gleichung (20^b) des Paragraphen 16, indem man das letzte Glied, welches unter dem Integralzeichen den Factor $\frac{dR_2}{dv}$ von der Ordnung der Masse m' einschliesst und welches mit X multiplicirt nur ganz unbedeutende Glieder von der Form (A) geben kann, weglässt, so erhält man den folgenden Werth von γ:

$$(12)\ \gamma = \mathfrak{a}\left\{1+\frac{1}{4}\int\mathfrak{z}\frac{\beta}{\mathfrak{a}}\frac{d\frac{\beta}{\mathfrak{a}}}{dv}dv+\frac{2\mu(\delta+\varsigma)\gamma_4}{\mathfrak{a}}\int\left(1+\frac{3}{8}\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{\gamma_4\mathfrak{a}(1-\varsigma)}\mathfrak{z}\right)\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi-\pi'\right)dv\right.$$
$$\left.-\frac{3}{2}\frac{\mu(\delta+\varsigma)}{\mathfrak{a}}(\eta^2+\Delta\eta^2)\right\}$$

Die Constante $\Delta\eta^2$ ist im Factor von $\mathfrak{a}$ hinzugefügt worden, damit dieser Factor keine Constante enthalte, welche man im anderen Falle mit der Integrationsconstante $\mathfrak{a}$ zu verschmelzen haben würde, die als gemeinsamer Divisor aller in den Klammern stehenden Glieder, mit Ausnahme des ersten, auftritt.

Beachten wir nun, dass aus den Gleichungen:

$$k^2 = \frac{2\beta}{\gamma+\beta} = \frac{4k_1}{(1+k_1)^2}$$

die Relation:

$$2k_1\left(\frac{\gamma}{\mathfrak{a}}+\frac{\beta}{\mathfrak{a}}\right)-\frac{\beta}{\mathfrak{a}}(1+k_1)^2 = 0$$

hervorgeht, so findet man mit Rücksicht auf die Formel (12) die folgende Gleichung zur Bestimmung des transformirten Moduls k_1:

$$\left\{\begin{array}{l} 2k_1\left\{\begin{array}{l} 1+\frac{\beta}{a}+\frac{1}{4}\int\mathfrak{z}\,\frac{\beta}{a}\,\frac{a^{\frac{3}{2}}}{dv}\,dv+\frac{2\mu(\delta+\varsigma)\gamma_4}{a}\int\left(1+\frac{3}{8}\,\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{\gamma_4 a(1-\varsigma)}\,\mathfrak{z}\right)\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi-\pi'\right)dv \\ \qquad -\frac{3}{2}\,\frac{\mu(\delta+\varsigma)}{a}\,(\eta^2+\Delta\eta^2) \end{array}\right\} \\ -\frac{\beta}{a}\,(1+k_1)^2 \end{array}\right\}=0 \quad (13)$$

Betrachtet man die Funktionen $\eta\cos(\pi-\Gamma)$, $\eta\sin(\pi-\Gamma)$, $\eta'\cos(\pi'-\Gamma')$ und $\eta'\sin(\pi'-\Gamma')$ und folglich auch $\beta\cos 2\mathfrak{B}$ und $\beta\sin 2\mathfrak{B}$ als bekannt, so enthält in der That die vorstehende Gleichung, da $\mathfrak{z}$ als Funktion von k_1 durch die Gleichung (5) bestimmt ist, nur die Eine unbekannte Funktion k_1.

18. In diesem Paragraphen soll die Bestimmung von k_1 aus der Gleichung (13) des vorigen Paragraphen durchgeführt werden. Die Funktionen $\eta\cos(\pi-\Gamma)$ und $\eta\sin(\pi-\Gamma)$ sind durch die Funktionen $\eta'\cos(\pi'-\Gamma')$ und $\eta'\sin(\pi'-\Gamma')$ bestimmt, welche aus der Theorie des Planeten mit der Masse m' zu entnehmen sind. Man kann diesen letzteren Funktionen, in einer später bei dem numerischen Beispiele zu besprechenden Weise, indem man mit den σ die schon früher benutzten Constanten von der Ordnung der Massen der grossen Planeten des Sonnensystems, mit den $\bar{\varkappa}$ constante Factoren von der Ordnung der Excentricitäten der Bahnen der grossen Planeten und mit den A constante Winkel bezeichnet, die folgende Gestalt geben:

$$\left.\begin{array}{l} \eta'\cos(\pi'-\Gamma')=\bar{\varkappa}_1+\bar{\varkappa}_2\cos\left((\sigma''-\sigma')v+A''-A'\right) \\ \qquad\qquad +\bar{\varkappa}_3\cos\left((\sigma'''-\sigma')v+A'''-A'\right), \\ \eta'\sin(\pi'-\Gamma')= \quad +\bar{\varkappa}_2\sin\left((\sigma''-\sigma')v+A''-A'\right) \\ \qquad\qquad +\bar{\varkappa}_3\sin\left((\sigma'''-\sigma')v+A'''-A'\right); \end{array}\right\} \quad (A'=\Gamma',\ \sigma'=\mu\varsigma') \quad \cdots (1)$$

Dem folgenden numerischen Beispiele entsprechend haben wir dabei 3 Coefficienten $\bar{\varkappa}$ angesetzt, welche der Bewegung des Jupiters angehören, insofern man diesen als ein Glied des Systemes Jupiter-Saturn-Uranus ansieht, welches mit einem merklichen Grade der Näherung von den Einwirkungen der anderen grossen Planeten unabhängig ist.

Für die folgenden Entwickelungen wollen wir für die Argumente die folgende abkürzende Bezeichnung einführen, bei welcher die Constanten ς und Γ die frühere Bedeutung haben:

$$\mathrm{I}=(\sigma'-\varsigma)v+A'-\Gamma,\ \mathrm{II}=(\sigma''-\varsigma)v+A''-\Gamma,\ \mathrm{III}=(\sigma'''-\varsigma)v+A'''-\Gamma \quad \cdots (2)$$

Dann kann man den Formeln (1) auch die folgende Gestalt geben:

$$(3)\ \ldots\ldots\ \begin{cases} \eta' \cos(\pi' - \Gamma - (\varsigma - \mu\varsigma')v) = \bar{\varkappa}_1 \cos \mathrm{I} + \bar{\varkappa}_2 \cos \mathrm{II} + \bar{\varkappa}_3 \cos \mathrm{III}, \\ \eta' \sin(\pi' - \Gamma - (\varsigma - \mu\varsigma')v) = \bar{\varkappa}_1 \sin \mathrm{I} + \bar{\varkappa}_2 \sin \mathrm{II} + \bar{\varkappa}_3 \sin \mathrm{III}; \end{cases}$$

dem entsprechend nehmen dann, wie wir sehen werden, die Funktionen $\eta \cos(\pi - \Gamma)$ und $\eta \sin(\pi - \Gamma)$, indem wir wiederum mit den $\varkappa$ und $\varkappa'$ Constanten bezeichnen, die folgende Form an:

$$(4)\ \ldots\ldots\ \begin{cases} \eta \cos(\pi - \Gamma) = \varkappa + \varkappa_1 \cos \mathrm{I} + \varkappa_2 \cos \mathrm{II} + \varkappa_3 \cos \mathrm{III}, \\ \eta \sin(\pi - \Gamma) = \quad \varkappa'_1 \sin \mathrm{I} + \varkappa'_2 \sin \mathrm{II} + \varkappa'_3 \sin \mathrm{III}. \end{cases}$$

Die Bestimmung dieser Constanten werden wir in einem späteren Paragraphen durchführen; hier genüge die Bemerkung, dass die Differenzen $\varkappa_1 - \varkappa'_1$, $\varkappa_2 - \varkappa'_2$, $\varkappa_3 - \varkappa'_3$ formell von der Ordnung der Masse m' sind, dass sie aber in Folge der approximativen Commensurabilität mit den Werthen von $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$ vergleichbar werden.

Aus den Systemen (3) und (4) findet man leicht:

$$(5)\ \begin{cases} \eta\eta' \sin((\varsigma - \mu\varsigma')v + \pi - \pi') = -\varkappa\bar{\varkappa}_1 \sin \mathrm{I} - \varkappa\bar{\varkappa}_2 \sin \mathrm{II} - \varkappa\bar{\varkappa}_3 \sin \mathrm{III} \\ \qquad - \frac{1}{2}\left((\varkappa_1 + \varkappa'_1)\bar{\varkappa}_2 - (\varkappa_2 + \varkappa'_2)\bar{\varkappa}_1\right) \sin (\mathrm{II} - \mathrm{I}) \\ \qquad - \frac{1}{2}\left((\varkappa_1 + \varkappa'_1)\bar{\varkappa}_3 - (\varkappa_3 + \varkappa'_3)\bar{\varkappa}_1\right) \sin (\mathrm{III} - \mathrm{I}) \\ \qquad - \frac{1}{2}\left((\varkappa_2 + \varkappa'_2)\bar{\varkappa}_3 - (\varkappa_3 + \varkappa'_3)\bar{\varkappa}_2\right) \sin (\mathrm{III} - \mathrm{II}) \\ \qquad - \frac{1}{2}(\varkappa_1 - \varkappa'_1)\bar{\varkappa}_1 \sin 2\,\mathrm{I} - \frac{1}{2}(\varkappa_2 - \varkappa'_2)\bar{\varkappa}_2 \sin 2\,\mathrm{II} \\ \qquad - \frac{1}{2}(\varkappa_3 - \varkappa'_3)\bar{\varkappa}_3 \sin 2\,\mathrm{III} \\ \qquad - \frac{1}{2}\left((\varkappa_1 - \varkappa'_1)\bar{\varkappa}_2 + (\varkappa_2 - \varkappa'_2)\bar{\varkappa}_1\right) \sin (\mathrm{II} + \mathrm{I}) \\ \qquad - \frac{1}{2}\left((\varkappa_1 - \varkappa'_1)\bar{\varkappa}_3 + (\varkappa_3 - \varkappa'_3)\bar{\varkappa}_1\right) \sin (\mathrm{III} + \mathrm{I}) \\ \qquad - \frac{1}{2}\left((\varkappa_2 - \varkappa'_2)\bar{\varkappa}_3 + (\varkappa_3 - \varkappa'_3)\bar{\varkappa}_2\right) \sin (\mathrm{III} + \mathrm{II}). \end{cases}$$

In dieser Formel sind Glieder aufgenommen, welche wir weiterhin nicht zu berücksichtigen gedenken; die Grösse ς nämlich ist in den Fällen approximativer Commensurabilität sehr wesentlich grösser als die aus der Theorie der grossen Planeten entnommenen Werthe der σ; integrirt man also, wie dieses für die Formel (13) des vorigen Paragraphen nothwendig ist, die Formel (5) nach v, so werden, wenn man die $\varkappa$ und $\bar{\varkappa}$ sämmtlich als Grössen

von derselben Grössenordnung betrachtet, in dem Resultate offenbar die Glieder die wichtigsten sein, deren Argumente ein Vielfaches von ςv nicht enthalten; dieses ist um so mehr der Fall, als alle in der Formel (12) des vorigen Paragraphen für γ vorkommenden Ausdrücke einer nochmaligen Integration unterworfen werden müssen, um den Werth von H_1 (25) des Paragraphen 16 zu liefern. In Folge dessen sind die Glieder, welche die Argumente II—I, III—I, III—II, die sämmtlich von ςv frei sind, haben, viel wesentlicher, als die, welche den Argumenten 2 I, 2 II, 2 III, und allen folgenden Argumenten entsprechen. Wir werden uns aus diesem Grunde darauf beschränken, die Glieder der rechten Seite von (5) zu berücksichtigen, welche den 6 ersten Argumenten zugehören, und dieses um so mehr, als die Coefficienten der so vernachlässigten Glieder, weil doch die Ausdrücke $\varkappa_1 - \varkappa'_1$, $\varkappa_2 - \varkappa'_2$, $\varkappa_3 - \varkappa'_3$ einigermaassen klein sein werden bezüglich gegen $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$, schon in der Formel (5) nicht von grosser Bedeutung sind.

Indem wir uns auch in der Entwickelung von $\eta^2 + \Delta\eta^2$, d. h. des von der Constanten befreiten Werthes von η^2 auf die angesetzten Argumente beschränken, folgt aus (4):

$$\left.\begin{aligned} \eta^2 + \Delta\eta^2 = \quad & 2\varkappa\varkappa_1 \cos \mathrm{I} + 2\varkappa\varkappa_2 \cos \mathrm{II} + 2\varkappa\varkappa_3 \cos \mathrm{III} \\ & + (\varkappa_1\varkappa_2 + \varkappa'_1\varkappa'_2) \cos (\mathrm{II}-\mathrm{I}) + (\varkappa_1\varkappa_3 + \varkappa'_1\varkappa'_3) \cos (\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ & + (\varkappa_2\varkappa_3 + \varkappa'_2\varkappa'_3) \cos (\mathrm{III}-\mathrm{II}). \end{aligned}\right\} \quad \ldots . (6)$$

Weiter geht aus den Gleichungen (3) und (4), wenn man sich der Definitionsgleichungen (4) des Paragraphen 15 für $\beta \cos 2\mathfrak{H}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{H}$ erinnert, hervor:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\beta}{a} \cos 2\mathfrak{H} &= \beta_0 + \beta_1 \cos \mathrm{I} + \beta_2 \cos \mathrm{II} + \beta_3 \cos \mathrm{III}, \\ \frac{\beta}{a} \sin 2\mathfrak{H} &= \beta'_1 \sin \mathrm{I} + \beta'_2 \sin \mathrm{II} + \beta'_3 \sin \mathrm{III}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

Die Constanten β sind mit den Constanten $\varkappa$ durch die folgenden Gleichungen verbunden:

$$\left.\begin{aligned} \beta_0 &= \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa}{a}, \\ \beta_1 &= \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa_1}{a} + 2\mu\gamma_2\frac{\overline{\varkappa_1}}{a}, \qquad \beta'_1 = \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa'_1}{a} + 2\mu\gamma_2\frac{\overline{\varkappa_1}}{a}, \\ \beta_2 &= \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa_2}{a} + 2\mu\gamma_2\frac{\overline{\varkappa_2}}{a}, \qquad \beta'_2 = \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa'_2}{a} + 2\mu\gamma_2\frac{\overline{\varkappa_2}}{a}, \\ \beta_3 &= \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa_3}{a} + 2\mu\gamma_2\frac{\overline{\varkappa_3}}{a}; \qquad \beta'_3 = \left(2\mu\gamma_1 - \tfrac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa'_3}{a} + 2\mu\gamma_2\frac{\overline{\varkappa_3}}{a}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots . (8)$$

Die Summe der Quadrate der Gleichungen (7) ergiebt, wenn man:

$$(9)\ldots\ldots\ldots\quad [\beta^2] = \beta_0^{\,2} + \frac{\beta_1^{\,2}}{2} + \frac{\beta_2^{\,2}}{2} + \frac{\beta_3^{\,2}}{2} + \frac{\beta'^{\,2}_1}{2} + \frac{\beta'^{\,2}_2}{2} + \frac{\beta'^{\,2}_3}{2}$$

setzt und wieder nur die schon berücksichtigten 6 Argumente beibehält:

$$(10)\left\{\left(\frac{\beta}{a}\right)^2 = [\beta^2]\right\}\left\{\begin{aligned} &1 + \frac{2\beta_0\beta_1}{[\beta^2]}\cos \mathrm{I} + \frac{2\beta_0\beta_2}{[\beta^2]}\cos \mathrm{II} + \frac{2\beta_0\beta_3}{[\beta^2]}\cos \mathrm{III} \\ &+ \frac{\beta_1\beta_2 + \beta'_1\beta'_2}{[\beta^2]}\cos(\mathrm{II}-\mathrm{I}) + \frac{\beta_1\beta_3 + \beta'_1\beta'_3}{[\beta^2]}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I}) + \frac{\beta_2\beta_3 + \beta'_2\beta'_3}{[\beta^2]}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{aligned}\right\}.$$

In den Coefficienten $\beta_1, \beta_2, \beta_3; \beta'_1, \beta'_2, \beta'_3$, welche nach den Formeln (8) aus je zwei Theilen zusammengesetzt sind, zerstören sich, wie das numerische Beispiel lehrte, die beiden Theile bis auf einen verhältnissmässig kleinen Rest, welcher bei den drei ersten Grössen ca. $\frac{1}{4}$, bei den drei letzten ca. $\frac{1}{2.6}$ des grösseren Werthes betrug. Da die Coefficienten γ nur vom Verhältnisse der Constanten a und a' abhängen und die $\varkappa$ und $\varkappa'$, wie schon aus dem Früheren klar ist, und weiterhin noch ausführlich auseinandergesetzt werden soll, sich aus den $\bar{\varkappa}_1$ bestimmen, indem ausser gleichfalls nur von dem Verhältnisse der Constanten a und a' abhängigen Grössen nur die Werthe von $\varsigma, \sigma', \sigma'', \sigma'''$, in den Gleichungen zur Bestimmung der $\varkappa$ und $\varkappa'$ aus den $\bar{\varkappa}$ eingehen, kann die vorstehende Bemerkung über die theilweise Vernichtung der Glieder in β_1 etc. nur in Betreff der Quantität nicht allgemein für den uns beschäftigenden Specialfall gültig sein. Jedenfalls dürfte in allen Fällen des Sonnensystemes die Constanten $\beta_1, \beta_2, \beta_3; \beta'_1, \beta'_2, \beta'_3$ gegen die Constante β_0 derartig klein sein, dass eine Entwickelung nach den Potenzen der Grössen $\frac{\beta_1}{\beta_0}$ etc. ebensogut convergirt, als eine Entwickelung nach den Potenzen der Excentricitäten. Wir wollen also die Grössen $\frac{\beta_1}{\beta_0}, \frac{\beta_2}{\beta_0}, \frac{\beta_3}{\beta_0}; \frac{\beta'_1}{\beta_0}, \frac{\beta'_2}{\beta_0}, \frac{\beta'_3}{\beta_0}$ als kleine Grössen erster Ordnung ansehen und den für unsere weiteren Entwickelungen nöthigen Ausdruck für $\frac{\beta}{a}$ bis auf Glieder zweiter Ordnung incl. bilden, indem wir jedoch entsprechend den bisherigen Formeln nur die Glieder zweiter Ordnung ansetzen, welche die Argumente II—I, III—I, III—II haben.

Wir erhalten dann aus (10) die Entwickelung:

$$(11)\left\{\begin{aligned} \frac{\beta}{a} = \mu_0 &+ \mu_1\cos \mathrm{I} + \mu_2\cos \mathrm{II} + \mu_3\cos \mathrm{III} + \mu_{12}\cos(\mathrm{II}-\mathrm{I}) + \mu_{13}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ &+ \mu_{23}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}), \end{aligned}\right.$$

in welcher die Coefficienten μ die folgenden Werthe haben:

$$\left.\begin{aligned}
\mu_0 &= \sqrt{[\beta^2]}\left\{1 - \frac{1}{4}\frac{\beta_0^2(\beta_1^2+\beta_2^2+\beta_3^2}{[\beta^2]^2}\right\} \\
\mu_1 &= \frac{\beta_0\beta_1}{\sqrt{[\beta^2]}}, \quad \mu_2 = \frac{\beta_0\beta_2}{\sqrt{[\beta^2]}}, \quad \mu_3 = \frac{\beta_0\beta_3}{\sqrt{[\beta^2]}}, \\
\mu_{12} &= \frac{\beta_1\beta_2+\beta'_1\beta'_2}{2\sqrt{[\beta^2]}} - \frac{\beta_0^2\beta_1\beta_2}{2\sqrt{[\beta^2]^3}}, \quad \mu_{13} = \frac{\beta_1\beta_3+\beta'_1\beta'_3}{2\sqrt{[\beta^2]}} - \frac{\beta_0^2\beta_1\beta_3}{2\sqrt{[\beta^2]^3}}, \quad \mu_{23} = \frac{\beta_2\beta_3+\beta'_2\beta'_3}{2\sqrt{[\beta^2]}} - \frac{\beta_0^2\beta_2\beta_3}{2\sqrt{[\beta^2]^3}}.
\end{aligned}\right\} \ldots(12)$$

Es ist nach diesen Auseinandersetzungen zu übersehen, dass die Gleichung (13) des vorigen Paragraphen für k_1 eine Reihe von der folgenden Form ergeben muss:

$$\left.\begin{aligned}
k_1 = \lambda_0 &+ \lambda_1 \cos \mathrm{I} + \lambda_2 \cos \mathrm{II} + \lambda_3 \cos \mathrm{III} + \lambda_{12} \cos (\mathrm{II}—\mathrm{I}) + \lambda_{13} \cos (\mathrm{III}—\mathrm{I}) \\
&+ \lambda_{23} \cos (\mathrm{III}—\mathrm{II}) + \cdots
\end{aligned}\right\} (13)$$

Die λ bedeuten darin Constanten.

Vermittelst dieser Entwickelung für k_1 und der Entwickelung für $\frac{a}{\beta}$ kann man nach der Formel (5) des vorigen Paragraphen leicht die Entwickelung für ζ erhalten. Da wir in den folgenden Entwickelungen ausser der Constanten nur die drei Glieder von ζ brauchen, welche bezüglich in die Cosinus der Argumente I, II, III multiplicirt sind, so werden wir auch in der Entwickelung für $\frac{a}{\beta}$ nur diese Argumente beachten. Wir erhalten dann, mit der der Formel (11) entsprechenden Genauigkeit aus der Formel (10) die Reihe:

$$\frac{a}{\beta} = \nu_0 + \nu_1 \cos \mathrm{I} + \nu_2 \cos \mathrm{II} + \nu_3 \cos \mathrm{III}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(14)$$

in welcher die Coefficienten ν die folgenden Werthe haben:

$$\left.\begin{aligned}
\nu_0 &= \frac{1}{\sqrt{[\beta^2]}}\left\{1 + \frac{3}{4}\frac{\beta_0^2(\beta_1^2+\beta_2^2+\beta_3^2)}{[\beta^2]^2}\right\}, \\
\nu_1 &= -\frac{\beta_0\beta_1}{\sqrt{[\beta^2]^3}}, \quad \nu_2 = -\frac{\beta_0\beta_2}{\sqrt{[\beta^2]^3}}, \quad \nu_3 = -\frac{\beta_0\beta_3}{\sqrt{[\beta^2]^3}}.
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots(15)$$

Die Gleichungen (14) und (15) ergeben nun, wenn man die Gleichung (5) des vorigen Paragraphen berücksichtigt die Entwickelung:

$$\zeta = \zeta_0 + \zeta_1 \cos \mathrm{I} + \zeta_2 \cos \mathrm{II} + \zeta_3 \cos \mathrm{III} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

und für die Coefficienten die Werthe:

$$\left.\begin{aligned}
\zeta_0 &= 2\lambda_0\nu_0 + \lambda_1\nu_1 + \lambda_2\nu_2 + \lambda_3\nu_3 + \frac{1}{4}\lambda_0^3\nu_0 + \frac{1}{8}\lambda_0^5\nu_0 + \cdots \\
\zeta_1 &= 2(\lambda_0\nu_1 + \lambda_1\nu_0), \quad \zeta_2 = 2(\lambda_0\nu_2 + \lambda_2\nu_0), \quad \zeta_3 = 2(\lambda_0\nu_3 + \lambda_3\nu_0).
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots(17)$$

Aus den Formeln (5) und (16) geht die folgende Entwickelung hervor:

$$(18)\quad \begin{cases} \quad \mathfrak{z}\,\eta\eta'\,\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right) \\ = -\,\mathfrak{z}_0\varkappa\overline{\varkappa_1}\,\sin \mathrm{I} - \mathfrak{z}_0\varkappa\overline{\varkappa_2}\,\sin \mathrm{II} - \mathfrak{z}_0\varkappa\overline{\varkappa_3}\,\sin \mathrm{III} \\ \quad -\left[\frac{1}{2}\,\mathfrak{z}_0\left((\varkappa_1+\varkappa'_1)\,\overline{\varkappa_2}-(\varkappa_2+\varkappa'_2)\,\overline{\varkappa_1}\right)+\frac{1}{2}\,\varkappa\left(\mathfrak{z}_1\overline{\varkappa_2}-\mathfrak{z}_2\overline{\varkappa_1}\right)\right]\sin(\mathrm{II}-\mathrm{I}) \\ \quad -\left[\frac{1}{2}\,\mathfrak{z}_0\left((\varkappa_1+\varkappa'_1)\,\overline{\varkappa_3}-(\varkappa_3+\varkappa'_3)\,\overline{\varkappa_1}\right)+\frac{1}{2}\,\varkappa\left(\mathfrak{z}_1\overline{\varkappa_3}-\mathfrak{z}_3\overline{\varkappa_1}\right)\right]\sin(\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ \quad -\left[\frac{1}{2}\,\mathfrak{z}_0\left((\varkappa_2+\varkappa'_2)\,\overline{\varkappa_3}-(\varkappa_3+\varkappa'_3)\,\overline{\varkappa_2}\right)+\frac{1}{2}\,\varkappa\left(\mathfrak{z}_2\overline{\varkappa_3}-\mathfrak{z}_3\overline{\varkappa_2}\right)\right]\sin(\mathrm{III}-\mathrm{II}). \end{cases}$$

Beachtet man, dass die folgenden Formeln bestehen:

$$-\int \sin \mathrm{I}\,dv = \frac{1}{\sigma'-\varsigma}\,\cos \mathrm{I}, -\int \sin \mathrm{II}\,dv = \frac{1}{\sigma''-\varsigma}\,\cos \mathrm{II}, -\int \sin \mathrm{III}\,dv = \frac{1}{\sigma'''-\varsigma}\,\cos \mathrm{III},$$

$$-\int \sin(\mathrm{II}-\mathrm{I})\,dv = \frac{1}{\sigma''-\sigma'}\cos(\mathrm{II}-\mathrm{I}), -\int \sin(\mathrm{III}-\mathrm{I})\,dv = \frac{1}{\sigma'''-\sigma'}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I}),$$

$$-\int \sin(\mathrm{III}-\mathrm{II})\,dv = \frac{1}{\sigma'''-\sigma''}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}),$$

so ergeben die Formeln (5), (6) und (18) leicht die Entwickelung:

$$(19)\quad \begin{cases} +\frac{2\mu(\delta+\varsigma)\gamma_4}{a}\int\left(1+\frac{3}{8}\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{\gamma_4 a(1-\varsigma)}\,\mathfrak{z}\right)\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right)dv - \frac{3}{2}\,\mu\frac{(\delta+\varsigma)}{a}(\eta^2+\Delta\eta^2) \\ = \chi_1\cos \mathrm{I}+\chi_2\cos \mathrm{II}+\chi_3\cos \mathrm{III}+\chi_{12}\cos(\mathrm{II}+\mathrm{I})+\chi_{13}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I})+\chi_{23}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{cases}$$

und für die Coefficienten χ die folgenden Werthe, in welchen f_0, f_1, f_2 die angegebene Bedeutung haben:

$$(20)\quad \cdots \begin{cases} f_0 = +\frac{2\mu(\delta+\varsigma)\gamma_4}{a}\left(1+\frac{3}{8}\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{\gamma_4 a(1-\varsigma)}\,\mathfrak{z}_0\right),\quad f_1 = +3\mu(\delta+\varsigma),\quad f_2 = +\frac{3}{4}\frac{\mu^2(\delta+\varsigma)\gamma_0\gamma_2}{a^2(1-\varsigma)}, \\ \chi_1 = \frac{f_0\varkappa\overline{\varkappa_1}}{\sigma'-\varsigma} - \frac{f_1\varkappa\varkappa_1}{a},\quad \chi_2 = \frac{f_0\varkappa\overline{\varkappa_2}}{\sigma''-\varsigma} - \frac{f_1\varkappa\varkappa_2}{a},\quad \chi_3 = \frac{f_0\varkappa\overline{\varkappa_3}}{\sigma'''-\varsigma} - \frac{f_1\varkappa\varkappa_3}{a}, \\ \chi_{12} = \frac{f_0}{\sigma''-\sigma'}\cdot\frac{(\varkappa_1+\varkappa'_1)\,\overline{\varkappa_2}-(\varkappa_2+\varkappa'_2)\,\overline{\varkappa_1}}{2} - f_1\frac{\varkappa_1\varkappa_2+\varkappa'_1\varkappa'_2}{2a} + f_2\,\varkappa\frac{\mathfrak{z}_1\overline{\varkappa_2}-\mathfrak{z}_2\overline{\varkappa_1}}{2(\sigma''-\sigma')}, \\ \chi_{13} = \frac{f_0}{\sigma'''-\sigma'}\cdot\frac{(\varkappa_1+\varkappa'_1)\,\overline{\varkappa_3}-(\varkappa_3+\varkappa'_3)\,\overline{\varkappa_1}}{2} - f_1\frac{\varkappa_1\varkappa_3+\varkappa'_1\varkappa'_3}{2a} + f_2\,\varkappa\frac{\mathfrak{z}_1\overline{\varkappa_3}-\mathfrak{z}_3\overline{\varkappa_1}}{2(\sigma'''-\sigma')}, \\ \chi_{23} = \frac{f_0}{\sigma'''-\sigma''}\cdot\frac{(\varkappa_2+\varkappa'_2)\,\overline{\varkappa_3}-(\varkappa_3+\varkappa'_3)\,\overline{\varkappa_2}}{2} - f_1\frac{\varkappa_2\varkappa_3+\varkappa'_2\varkappa'_3}{2a} + f_2\,\varkappa\frac{\mathfrak{z}_2\overline{\varkappa_3}-\mathfrak{z}_3\overline{\varkappa_2}}{2(\sigma'''-\sigma'')}. \end{cases}$$

Schliesslich brauchen wir für die Gleichung (13) des vorigen Paragraphen noch die Entwickelung von $\frac{1}{4}\int \mathfrak{z}\,\frac{\beta}{a}\,\frac{d\frac{\beta}{a}}{dv}\,dv = \frac{1}{8}\int \mathfrak{z}\,\frac{d\left(\frac{\beta}{a}\right)^2}{dv}\,dv$.

Differentiirt man die Formel (10) so erhält man:

$$\begin{aligned}\frac{d\left(\frac{\beta}{a}\right)^2}{dv} = &- 2\beta_0\beta_1(\sigma'-\varsigma)\sin \mathrm{I} - 2\beta_0\beta_2(\sigma''-\varsigma)\sin \mathrm{II} - 2\beta_0\beta_3(\sigma'''-\varsigma)\sin \mathrm{III}\\ &- (\beta_1\beta_2+\beta'_1\beta'_2)(\sigma''-\sigma')\sin(\mathrm{II}-\mathrm{I}) - (\beta_1\beta_3+\beta'_1\beta'_3)(\sigma'''-\sigma')\sin(\mathrm{III}-\mathrm{I})\\ &- (\beta_2\beta_3+\beta'_2\beta'_3)(\sigma'''-\sigma'')\sin(\mathrm{III}-\mathrm{II}).\end{aligned}$$

Multiplicirt man diese Reihe mit der Entwickelung (16) für $\mathfrak{z}$ und behält wie immer nur die 6 wesentlichen Argumente bei, so erhält man:

$$\begin{aligned}\mathfrak{z}\,\frac{d\left(\frac{\beta}{a}\right)^2}{dv} = &- 2\mathfrak{z}_0\beta_0\beta_1(\sigma'-\varsigma)\sin \mathrm{I} - 2\mathfrak{z}_0\beta_0\beta_2(\sigma''-\varsigma)\sin \mathrm{II} - 2\mathfrak{z}_0\beta_0\beta_3(\sigma'''-\varsigma)\sin \mathrm{III}\\ &- \{\mathfrak{z}_0(\beta_1\beta_2+\beta'_1\beta'_2)(\sigma''-\sigma') + \beta_0\mathfrak{z}_1\beta_2(\sigma''-\varsigma) - \beta_0\mathfrak{z}_2\beta_1(\sigma'-\varsigma)\}\sin(\mathrm{II}-\mathrm{I})\\ &- \{\mathfrak{z}_0(\beta_1\beta_3+\beta'_1\beta'_3)(\sigma'''-\sigma') + \beta_0\mathfrak{z}_1\beta_3(\sigma'''-\varsigma) - \beta_0\mathfrak{z}_3\beta_1(\sigma'-\varsigma)\}\sin(\mathrm{III}-\mathrm{I})\\ &- \{\mathfrak{z}_0(\beta_2\beta_3+\beta'_2\beta'_3)(\sigma'''-\sigma'') + \beta_0\mathfrak{z}_2\beta_3(\sigma'''-\varsigma) - \beta_0\mathfrak{z}_3\beta_2(\sigma''-\varsigma)\}\sin(\mathrm{III}-\mathrm{II})\end{aligned}$$

und wenn man diesen Ausdruck mit $\frac{1}{8}$ multiplicirt und nach v integrirt:

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{8}\int \mathfrak{z}\,\frac{d\left(\frac{\beta}{a}\right)^2}{dv}\,dv = \varphi_1\cos \mathrm{I} + \varphi_2\cos \mathrm{II} + \varphi_3\cos \mathrm{III} + \varphi_{12}\cos(\mathrm{II}-\mathrm{I}) + \varphi_{13}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I})\\ + \varphi_{23}\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}).\end{aligned}\right\}\ldots(21)$$

Die Constanten φ haben dabei die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{aligned}\varphi_1 &= \tfrac{1}{4}\mathfrak{z}_0\beta_0\beta_1, \qquad \varphi_2 = \tfrac{1}{4}\mathfrak{z}_0\beta_0\beta_2, \qquad \varphi_3 = \tfrac{1}{4}\mathfrak{z}_0\beta_0\beta_3,\\ \varphi_{12} &= \tfrac{1}{4}\mathfrak{z}_0\cdot\frac{\beta_1\beta_2+\beta'_1\beta'_2}{2} + \tfrac{1}{8}\beta_0\,\frac{\mathfrak{z}_1\beta_2(\sigma''-\varsigma)-\mathfrak{z}_2\beta_1(\sigma'-\varsigma)}{\sigma''-\sigma'},\\ \varphi_{13} &= \tfrac{1}{4}\mathfrak{z}_0\cdot\frac{\beta_1\beta_3+\beta'_1\beta'_3}{2} + \tfrac{1}{8}\beta_0\,\frac{\mathfrak{z}_1\beta_3(\sigma'''-\varsigma)-\mathfrak{z}_3\beta_1(\sigma'-\varsigma)}{\sigma'''-\sigma'},\\ \varphi_{23} &= \tfrac{1}{4}\mathfrak{z}_0\cdot\frac{\beta_2\beta_3+\beta'_2\beta'_3}{2} + \tfrac{1}{8}\beta_0\,\frac{\mathfrak{z}_2\beta_3(\sigma'''-\varsigma)-\mathfrak{z}_3\beta_2(\sigma''-\varsigma)}{\sigma'''-\sigma'}.\end{aligned}\right\}\ldots\ldots(22)$$

Substituirt man nun die Entwickelungen (11), (13), (19) und (21) in die Gleichung (13) des vorigen Paragraphen, so nimmt diese die folgende Gestalt an:

$$\left\{\begin{array}{r} 2\lambda_0 + 2\lambda_1 \cos \mathrm{I} + 2\lambda_2 \cos \mathrm{II} + 2\lambda_3 \cos \mathrm{III} + 2\lambda_{12} \cos (\mathrm{II}-\mathrm{I}) + 2\lambda_{13} \cos (\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ + 2\lambda_{23} \cos (\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{array}\right\}$$

$$\times \left\{\begin{array}{r} 1 + \mu_0 + (\mu_1 + \varphi_1 + \chi_1) \cos \mathrm{I} + (\mu_2 + \varphi_2 + \chi_2) \cos \mathrm{II} + (\mu_3 + \varphi_3 + \chi_3) \cos \mathrm{III} \\ + (\mu_{12} + \varphi_{12} + \chi_{12}) \cos (\mathrm{II}-\mathrm{I}) + (\mu_{13} + \varphi_{13} + \chi_{13}) \cos (\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ + (\mu_{23} + \varphi_{23} + \chi_{23}) \cos (\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{array}\right\}$$

$$= \left\{\begin{array}{r} \mu_0 + \mu_1 \cos \mathrm{I} + \mu_2 \cos \mathrm{II} + \mu_3 \cos \mathrm{III} + \mu_{12} \cos (\mathrm{II}-\mathrm{I}) + \mu_{13} \cos (\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ + \mu_{23} \cos (\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{array}\right\}$$

$$\times \left\{\begin{array}{r} (1+\lambda_0)^2 + \frac{\lambda_1^2+\lambda_2^2+\lambda_3^2}{2} + 2(1+\lambda_0)\lambda_1 \cos \mathrm{I} + 2(1+\lambda_0)\lambda_2 \cos \mathrm{II} + 2(1+\lambda_0)\lambda_3 \cos \mathrm{III} \\ + (2(1+\lambda_0)\lambda_{12} + \lambda_1\lambda_2) \cos (\mathrm{II}-\mathrm{I}) + (2(1+\lambda_0)\lambda_{13} + \lambda_1\lambda_3) \cos (\mathrm{III}-\mathrm{I}) \\ + (2(1+\lambda_0)\lambda_{23} + \lambda_2\lambda_3) \cos (\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{array}\right\}$$

Multiplicirt man aber diese Gleichung aus indem man nur die Argumente I, II, III, II—I, III—I, III—II beachtet und setzt nach der Methode der unbestimmten Coefficienten die Coefficienten der Cosinus gleicher Argumente einzeln einander gleich, so erhält man das folgende System von Gleichungen zur Bestimmung der Coefficienten λ:

$$(23.)\quad \left\{\begin{array}{l} \lambda_0 - \frac{\mu_0}{2}\lambda_0^2 = \frac{\mu_0}{2} + \frac{\mu_0}{4}(\lambda_1^2+\lambda_2^2+\lambda_3^2) + \frac{\lambda_0}{2}(\lambda_1\mu_1+\lambda_2\mu_2+\lambda_3\mu_3) \\ \qquad\qquad - \frac{1}{2}(\lambda_1\varphi_1+\lambda_2\varphi_2+\lambda_3\varphi_3) - \frac{1}{2}(\lambda_1\chi_1+\lambda_2\chi_2+\lambda_3\chi_3), \\ (1-\mu_0\lambda_0)\lambda_1 = \frac{\mu_1(1+\lambda_0^2)}{2} - \lambda_0\varphi_1 - \lambda_0\chi_1, \\ (1-\mu_0\lambda_0)\lambda_2 = \frac{\mu_2(1+\lambda_0^2)}{2} - \lambda_0\varphi_2 - \lambda_0\chi_2, \\ (1-\mu_0\lambda_0)\lambda_3 = \frac{\mu_3(1+\lambda_0^2)}{2} - \lambda_0\varphi_3 - \lambda_0\chi_3, \\ (1-\mu_0\lambda_0)\lambda_{12} = \frac{\mu_{12}(1+\lambda_0^2)}{2} - \lambda_0\varphi_{12} - \lambda_0\chi_{12} - \frac{1}{2}(\lambda_1\varphi_2+\lambda_2\varphi_1) - \frac{1}{2}(\lambda_1\chi_2+\lambda_2\chi_1) \\ \qquad\qquad + \frac{1}{2}(\mu_0\lambda_1\lambda_2+\mu_1\lambda_0\lambda_2+\mu_2\lambda_0\lambda_1), \\ (1-\mu_0\lambda_0)\lambda_{13} = \frac{\mu_{13}(1+\lambda_0^2)}{2} - \lambda_0\varphi_{13} - \lambda_0\chi_{13} - \frac{1}{2}(\lambda_1\varphi_3+\lambda_3\varphi_1) - \frac{1}{2}(\lambda_1\chi_3+\lambda_3\chi_1) \\ \qquad\qquad + \frac{1}{2}(\mu_0\lambda_1\lambda_3+\mu_1\lambda_0\lambda_3+\mu_3\lambda_0\lambda_1), \\ (1-\mu_0\lambda_0)\lambda_{23} = \frac{\mu_{23}(1+\lambda_0^2)}{2} - \lambda_0\varphi_{23} - \lambda_0\chi_{23} - \frac{1}{2}(\lambda_2\varphi_3+\lambda_3\varphi_2) - \frac{1}{2}(\lambda_2\chi_3+\lambda_3\chi_2) \\ \qquad\qquad + \frac{1}{2}(\mu_0\lambda_2\lambda_3+\mu_2\lambda_0\lambda_3+\mu_3\lambda_0\lambda_2). \end{array}\right.$$

Diese Gleichungen sind durch Versuche aufzulösen; hat man keine vorläufigen Werthe um die kleinen Zusatzglieder der rechten Seite der ersten Gleichung zu ermitteln, so muss λ_0 aus der Gleichung:

$$\lambda_0 - \tfrac{\mu_0}{2}\lambda_0^2 = \tfrac{\mu_0}{2}$$

bestimmt werden. Welche der beiden Wurzeln dabei zu nehmen ist, kann nicht zweifelhaft sein. Indem man dann in Ermangelung eines besseren Werthes nach (17) $\lambda_0 = 2\lambda_0\nu_0$ annimmt, erhält man nach den Formeln (20) die Werthe von χ_1, χ_2, χ_3; nach den Formeln (22) die Werthe von φ_1, φ_2, φ_3. Dann bestimmt man aus der zweiten, dritten und vierten der Gleichungen (23) die Werthe von λ_1, λ_2, λ_3. Sodann ermittelt man die Werthe von δ_1, δ_2, δ_3 nach den Gleichungen (17), die Werthe von χ_{12}, χ_{13}, χ_{23} nach den Gleichungen (20), die Werthe von φ_{12}, φ_{13}, φ_{23} nach den Gleichungen (22) und erhält dann die Werthe von λ_{12}, λ_{13}, λ_{23} aus den drei letzten der Gleichungen (23). Mit den so erhaltenen Werthen hat man die Rechnung in ganz analoger Weise zu wiederholen, bis man die der Rechnung zu Grunde gelegten Werthe mit genügender Genauigkeit wieder erhalten hat. Bei der Anwendung von 5-stelligen Logarithmen dürfte die dritte Näherung völlig genügen.

Hat man auf diese Weise den Werth von k_1, welcher durch die Formel (13) dargestellt wird, gefunden, so ist γ aus der folgenden Formel zu bestimmen, welche aus der Gleichung (12) des vorigen Paragraphen mit Rücksicht auf die Gleichungen (19) und (21) dieses Paragraphen leicht erhalten wird:

$$\gamma = \mathfrak{a}\left\{\begin{array}{l} 1 + (\varphi_1 + \chi_1)\cos \mathrm{I} + (\varphi_2 + \chi_2)\cos \mathrm{II} + (\varphi_3 + \chi_3)\cos \mathrm{III} \\ \quad + (\varphi_{12} + \chi_{12})\cos(\mathrm{II}-\mathrm{I}) + (\varphi_{13} + \chi_{13})\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I}) + (\varphi_{23} + \chi_{23})\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}) \end{array}\right\} \quad (24)$$

Nachdem die Entwickelungen für k_1 und γ bekannt geworden sind, macht es gar keine Schwierigkeiten, den variabelen Haupttheil von $\frac{\pi}{2K}G$, nämlich die Funktion H_1 zu bestimmen. Da sich die darauf bezüglichen Rechnungen eben so leicht numerisch als analytisch ausführen lassen, wollen wir auf dieselben hier nicht näher eingehen.

Wir begnügen uns damit, die folgenden beiden Entwickelungen für in der Formel für H_1 vorkommende Ausdrücke anzugeben:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\pi}{2K_1}\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} = 1 - \frac{3}{4}k_1^2 + \frac{27}{64}k_1^4 - \frac{105}{256}k_1^6 + \cdots \\ \left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 \frac{1}{1-k_1^2} = 1 + \frac{1}{2}k_1^2 + \frac{13}{32}k_1^4 + \frac{23}{64}k_1^6 + \cdots \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (25)$$

19. In den vorstehenden Entwickelungen sind die Funktionen $\eta\cos(\pi - \Gamma)$ und $\eta\sin(\pi - \Gamma)$ als bekannt vorausgesetzt; da wir deren Ableitung noch nicht angegeben haben, muss dieses zu thun, oder, was damit übereinkommt, muss, die elementären Glieder

von ϱ zu bestimmen, unsere nächste Aufgabe sein. Wir bemerken zu diesem Zwecke, dass in W zuerst die Glieder erster Ordnung in Bezug auf m' von der Form (B) zu ermitteln sind, welche bei allen Planeten vorkommen und dass wir erst später diejenigen schon in Paragraph 12 eingehend characterisirten Glieder zweiter Ordnung in Bezug auf m' hinzufügen werden, welche unserem Falle eigenthümlich sind. Die in Frage stehenden Glieder der ersten Art erhält man durch die folgenden Theile der trigonometrischen Funktionen, welche leicht aus der Entwickelung des Paragraphen 11 abzulesen sind:

$$\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = -\frac{\eta'}{1-\zeta'}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'+\zeta'\,(\Delta+R_2)\right),$$

$$\varrho'\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}(v-v') = +\frac{\eta'}{2}\begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'+\zeta'\,(\Delta+R_2)\right).$$

Beachtet man die Factoren, mit welchen nach den Formeln (10) und (13) des Paragraphen 6 in die Entwickelungen für P und Q eingehen, so findet man, indem man sich auch hier, wie schon früher gestattet, den ganz unwesentlichen Ausdruck $\zeta'\,(\Delta+R_2)$ in dem Argumente zu unterdrücken, die folgenden Theile:

$$\frac{m_1}{m'}\,P = \left(-\frac{2}{1-\zeta'}\,P(100)_{00} + P(101)_{00}\right)\eta'\cos\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'\right),$$

$$\frac{m_1}{m'}\,Q = \left(\frac{2}{1-\zeta'}\,Q(100)_{00} - Q(101)_{00}\right)\eta'\sin\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'\right).$$

Da nun der Ausdruck $(1+\nu)\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}$ Glieder von der in Frage stehenden Form nur mit einer Grösse von der Ordnung des Quadrates von m' multiplicirt enthält, so ergiebt sich mit Hülfe der letzten Formel für Q nach der ersten Gleichung (4) des Paragraphen 5 die Relation:

$$\frac{d\nu}{dv} = \frac{m'}{m_1}\left(\frac{4}{1-\zeta'}\,Q(100)_{00} - 2Q(101)_{00}\right)\int\eta'\sin\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'\right)dv$$

oder mit Uebergehung unwesentlicher Glieder, wie in Paragraph 11 schon geschehen ist:

$$\nu = -\frac{m'}{m_1}\frac{1}{1-\mu\zeta'}\left(\frac{4}{1-\zeta'}\,Q(100)_{00} - 2Q(101)_{00}\right)\eta'\cos\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'\right)$$

und daraus mit gleicher Genauigkeit:

$$\frac{d^2\nu}{dv^2} = \frac{m'}{m_1}(1-\mu\zeta')\left(\frac{4}{1-\zeta'}\,Q(100)_{00} - 2Q(101)_{00}\right)\eta'\cos\left((1-\mu\zeta')\,v-\pi'\right).$$

Da weiter der Ausdruck $\frac{3}{2}\,\frac{d\varrho}{dv}\cdot\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}$ Glieder von der betrachteten Form nur mit einem Factor von der 3. Ordnung in Bezug auf die Excentricitäten multiplicirt enthält, und wir ihn in Folge dessen weglassen, so erhält man die allen Planeten gemeinsamen Glieder von W nach der Formel (2) des Paragraphen 12 in der folgenden Gestalt:

$$W = -\gamma_5 \eta' \cos\left((1-\mu\varsigma')\, v - \pi'\right);$$

γ_5 hat dabei den folgenden Werth:

$$\gamma_5 = \frac{m'}{m_1}\left(-\frac{2}{1-\varsigma'} P(100)_{00} + P(101)_{00} - \frac{4-2\mu\varsigma'+\mu^2\varsigma'^2}{(1-\varsigma')(1-\mu\varsigma')} Q(100)_{00} + \frac{4-2\mu\varsigma'+\mu^2\varsigma'^2}{2(1-\mu\varsigma')} Q(101)_{00}\right) \quad (1)$$

Nach den Bemerkungen in Paragraph 12 ist, wie aus der Formel (5) desselben Paragraphen sofort ersichtlich ist, diesen Gliedern der Theil von gleicher Form hinzuzufügen, welcher aus dem Ausdrucke:

$$W = -\gamma_0 \{\cos\left((1-\varsigma)\, v - \Gamma\right)(\cos 2\psi - \overline{\cos 2\psi}) - \sin\left((1-\varsigma)\, v - \Gamma\right)(\sin 2\psi - \overline{\sin 2\psi})\}$$

resultirt. Setzt man in diesen Ausdruck die Werthe (6) des Paragraphen 17 ein, so erhält man:

$$W = +\frac{1}{4}\gamma_0 \frac{\beta}{a} \zeta \cos\left((1-\varsigma)\, v - \Gamma - 2\mathfrak{T}\right)$$

oder, wenn man die Werthe (4) des Paragraphen 15 für $\beta \cos 2\mathfrak{T}$ und $\beta \sin 2\mathfrak{T}$ beachtet, und zur Abkürzung setzt:

$$\gamma_6 = -\frac{1}{2}\frac{\mu\gamma_0\gamma_1}{a} + \frac{3}{8}\frac{\mu\gamma_0^2}{a(1-\varsigma)}, \qquad \gamma_7 = -\frac{1}{2}\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$W = -\gamma_6 \zeta \eta \cos\left((1-\varsigma)\, v - \pi\right) - \gamma_7 \zeta \eta' \cos\left((1-\mu\varsigma')\, v - \pi'\right) \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Die Constanten γ_6 und γ_7, obwohl formell, wie man sieht, von der zweiten Ordnung der Masse, sind wegen des Divisors a mit Gliedern erster Ordnung durchaus vergleichbar. Wir wollten nun $\eta \cos\left((1-\varsigma)\, v - \pi\right)$ so bestimmen, dass dieser Ausdruck alle elementären Glieder von ϱ einschliesst, es ist also:

$$\varrho = \eta \cos\left((1-\varsigma)\, v - \pi\right) + \cdots, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

wobei in den nicht angesetzten, sondern nur durch Punkte angedeuteten Gliedern dasjenige von der Form (C), welches in Paragraph 12 behandelt wurde, das hauptsächlichste ist. In der Gleichung (3) vernachlässigt man also wenn man $\eta \cos\left((1-\varsigma)\, v - \pi\right) = \varrho$ setzt, nur Glieder von der Ordnung der Masse, welche weder zur Grösse ς beitragen noch elementär werden; das wesentlichste auf diese Weise vernachlässigste Glied in W ist ein Glied von der Form (C), welches gegen das Glied gleicher Form, das in Paragraph 12 behandelt ist, in demselben Verhältnisse klein ist, wie die in der Formel (4) nicht ausgeschriebenen Glieder gegen die Einheit klein sind. Lassen wir also die erwähnte Vernachlässigung eintreten, so wird:

$$W = -\gamma_6 \zeta \varrho - \gamma_7 \zeta \eta' \cos\left((1-\mu\varsigma')\, v - \pi'\right).$$

Erwägen wir nun weiter, dass ein Glied von der Form: Constans mal ϱ, welches bei allen Planeten vorkommt, dem unserem Falle eigenthümlichen Gliede — $\gamma_6\varrho$ hinzuzufügen ist, weil P nach der Entwickelung des Paragraphen 6 bis auf Glieder höherer Ordnung in den Excentricitäten das Glied:

$$\frac{m_1}{m'} P = + P(010)_{00}\,\varrho$$

einschliesst, so erhält man, wenn

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \gamma_8 = \frac{m'}{m_1} P(010)_{00}$$

gesetzt wird, die zu ς beitragenden Glieder und die in ϱ elementär werdenden Theile von W in der Form:

$$(6) \quad \ldots\ldots \quad W = -(\gamma_8 + \gamma_6\xi)\varrho - (\gamma_5 + \gamma_7\xi)\eta' \cos\left((1-\mu\varsigma')v - \pi'\right) - (2\varsigma - \varsigma^2)\varrho.$$

Die Constante ς ist in dieser Formel nach der Bemerkung in Paragraph 12 so zu bestimmen, dass in W kein Glied von der Form: Constans mal ϱ vorkommt, oder, was auf dasselbe hinauskommt, so, dass aus der mit Hülfe des Werthes (6) für W erhaltenen Gleichung für ϱ, welche sich aus der Gleichung (1) des Paragraphen 12 ergiebt, im Ausdrucke für ϱ kein Glied ergiebt welches v ausserhalb von Winkeln enthielte. Die erwähnte Gleichung lautet:

$$(7) \quad \ldots\ldots \quad \frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1 + \gamma_8 + \gamma_6\xi)\varrho + (\gamma_5 + \gamma_7\xi)\eta' \cos\left((1-\mu\varsigma')v - \pi'\right) = 0.$$

Wir haben nun schon im vorigen Paragraphen bemerkt, dass die folgenden Entwickelungen aus der Theorie für die grossen Planeten hervorgehen:

$$(8) \quad \ldots\ldots \begin{cases} \eta' \cos\left(\pi' - \Gamma - (\varsigma - \mu\varsigma')v\right) = \overline{\varkappa_1} \cos \mathrm{I} + \overline{\varkappa_2} \cos \mathrm{II} + \overline{\varkappa_3} \cos \mathrm{III}, \\ \eta' \sin\left(\pi' - \Gamma - (\varsigma - \mu\varsigma')v\right) = \overline{\varkappa_1} \sin \mathrm{I} + \overline{\varkappa_2} \sin \mathrm{II} + \overline{\varkappa_3} \sin \mathrm{III}; \end{cases}$$

aus ihnen folgt mit Rücksicht auf die Werthe (2) des vorigen Paragraphen für I, II, III die Gleichung:

$$(9) \quad \ldots\ldots \begin{cases} \eta' \cos\left((1-\mu\varsigma')v - \pi'\right) = \overline{\varkappa_1} \cos\left((1-\sigma')v - A'\right) + \overline{\varkappa_2} \cos\left((1-\sigma'')v - A''\right) \\ \qquad\qquad + \overline{\varkappa_3} \cos\left((1-\sigma''')v - A'''\right). \end{cases}$$

In einem der Commensurabilität ferne liegenden Falle würden die in γ_6 und γ_7 multiplicirten Glieder als von der zweiten Ordnung in Bezug auf m' bei der Bestimmung der elementären Glieder nicht in Frage kommen und auch zu ς nur einen Beitrag von gleicher Ordnung liefern. Dann würde, wie aus der Gleichung (7) ersichtlich ist $1 + \gamma_8 = (1-\varsigma)^2$ gesetzt werden müssen und für ϱ eine Reihe erhalten werden, welche dieselbe Form hat wie

die Reihe (9) mit der Ausnahme, dass das mit den Integrationsconstanten $\varkappa$ und Γ behaftete Glied $\varkappa \cos((1-\varsigma)v-\Gamma)$ hinzutritt. Man würde erhalten:

$$\varrho = \varkappa \cos((1-\varsigma)v-\Gamma) + \varkappa_1 \cos((1-\sigma')v-A') + \varkappa_2 \cos((1-\sigma'')v-A'') + \varkappa_3 \cos((1-\sigma''')v-A''')$$

und dieser Summe die Form $\eta \cos((1-\varsigma)v-\pi)$ dadurch geben, dass man setzt:

$$\eta \cos(\pi-\Gamma) = \varkappa + \varkappa_1 \cos \mathrm{I} + \varkappa_2 \cos \mathrm{II} + \varkappa_3 \cos \mathrm{III}$$
$$\eta \sin(\pi-\Gamma) = \varkappa_1 \sin \mathrm{I} + \varkappa_2 \sin \mathrm{II} + \varkappa_3 \sin \mathrm{III}.$$

Dann würde sich nach den Untersuchungen des vorigen Paragraphen χ durch die Reihe (16) erhalten, für welche nur der Unterschied zu beachten wäre, dass an jener Stelle für $\eta \cos(\pi-\Gamma)$ die Coefficienten $\varkappa$ nicht dieselben sind, wie die für $\eta \sin(\pi-\Gamma)$, während dieses hier der Fall ist. Setzt man nun für χ die erwähnte Entwickelung, von welcher wir dort nur die vier ersten Glieder mitgenommen haben ein, so treten in der Gleichung (7) ausser den vier Argumenten:

$$(1-\varsigma)v-\Gamma, \quad (1-\sigma')v-A', \quad (1-\sigma'')v-A'', \quad (1-\sigma''')v-A''' \quad \ldots\ldots\ldots \text{(a)}$$

die Argumente auf:

$$\left.\begin{array}{llll}
(1-\varsigma) & v-\Gamma & +\mathrm{I} & = (1-2\varsigma+\sigma')v+A'-2\Gamma, \\
(1-\varsigma) & v-\Gamma & -\mathrm{I} & = (1-\sigma')v-A', \\
(1-\sigma') & v-A' & +\mathrm{I} & = (1-\varsigma)v-\Gamma, \\
(1-\sigma') & v-A' & -\mathrm{I} & = (1-2\sigma'+\varsigma)v-2A'+\Gamma, \\
(1-\sigma'') & v-A'' & +\mathrm{I} & = (1+\sigma'-\sigma''-\varsigma)v+A'-A''-\Gamma, \\
(1-\sigma'') & v-A'' & -\mathrm{I} & = (1-\sigma'-\sigma''+\varsigma)v-A'-A''+\Gamma, \\
(1-\sigma''') & v-A''' & +\mathrm{I} & = (1+\sigma'-\sigma'''-\varsigma)v+A'-A'''-\Gamma, \\
(1-\sigma''') & v-A''' & -\mathrm{I} & = (1-\sigma'-\sigma'''+\varsigma)v-A'-A'''+\Gamma, \\
(1-\varsigma) & v-\Gamma & +\mathrm{II} & = (1-2\varsigma+\sigma'')v+A''-2\Gamma, \\
(1-\varsigma) & v-\Gamma & -\mathrm{II} & = (1-\sigma'')v-A'', \\
(1-\sigma') & v-A' & +\mathrm{II} & = (1-\sigma'+\sigma''-\varsigma)v-A'+A''-\Gamma, \\
(1-\sigma') & v-A' & -\mathrm{II} & = (1-\sigma'-\sigma''+\varsigma)v-A'-A''+\Gamma, \\
(1-\sigma'') & v-A'' & +\mathrm{II} & = (1-\varsigma)v-\Gamma, \\
(1-\sigma'') & v-A'' & -\mathrm{II} & = (1-2\sigma''+\varsigma)v-2A''+\Gamma, \\
(1-\sigma''') & v-A''' & +\mathrm{II} & = (1+\sigma''-\sigma'''-\varsigma)v+A''-A'''-\Gamma, \\
(1-\sigma''') & v-A''' & -\mathrm{II} & = (1-\sigma''-\sigma'''+\varsigma)v-A''-A'''+\Gamma, \\
(1-\varsigma) & v-\Gamma & +\mathrm{III} & = (1-2\varsigma+\sigma''')v+A'''-2\Gamma, \\
(1-\varsigma) & v-\Gamma & -\mathrm{III} & = (1-\sigma''')v-A''', \\
(1-\sigma') & v-A' & +\mathrm{III} & = (1-\sigma'+\sigma'''-\varsigma)v-A'+A'''-\Gamma, \\
(1-\sigma') & v-A' & -\mathrm{III} & = (1-\sigma'-\sigma'''+\varsigma)v-A'-A'''+\Gamma, \\
(1-\sigma'') & v-A'' & +\mathrm{III} & = (1-\sigma''+\sigma'''-\varsigma)v-A''+A'''-\Gamma, \\
(1-\sigma'') & v-A'' & -\mathrm{III} & = (1-\sigma''-\sigma'''+\varsigma)v-A''-A'''+\Gamma, \\
(1-\sigma''') & v-A''' & +\mathrm{III} & = (1-\varsigma)v-\Gamma, \\
(1-\sigma''') & v-A''' & -\mathrm{III} & = (1-2\sigma'''+\varsigma)v-2A'''+\Gamma.
\end{array}\right\} \ldots\ldots \text{(a) \& (b)}$$

worin 15 in (a) nicht enthaltene Combinationen der Argumente (a) vorkommen, welche 15 Combinationen wir als die Argumente (b) bezeichnen wollen. Glieder mit diesen Argumenten muss dann auch ϱ enthalten und diese Glieder ihrerseits erzeugen in ζ Glieder mit neuen Argumenten, welche wieder in ϱ übergehen u. s. w. Man erkennt also, dass ϱ eine unbegrenzte Anzahl von Gliedern von der Form (B), ζ eine unbegrenzte Anzahl von Gliedern von der Form (A) enthalten muss. Unter der Voraussetzung — welche bei dem numerischen Beispiele zuzutreffen scheint — dass die hier angedeutete Operation überhaupt zu gut convergirenden und zwar schon von den Anfangsgliedern an convergirenden Reihen für ϱ und ζ führt, werden wir uns darauf beschränken in ζ und ϱ eine sehr beschränkte Anzahl von Gliedern zu berücksichtigen. Wir setzen nämlich in Uebereinstimmung mit dem vorigen Paragraphen:

$$(10) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \zeta = \zeta_0 + \zeta_1 \cos \mathrm{I} + \zeta_2 \cos \mathrm{II} + \zeta_3 \cos \mathrm{III}$$

und ermitteln für ϱ die Glieder mit den vier Argumenten (a) und nur theilweise die den Argumenten (b) entsprechenden Glieder.

Das mit den Integrationsconstanten behaftete Glied des Ausdrucks für ϱ ist nämlich in den, unserer Annahme über die mittlere Bewegung entsprechenden Fällen des Sonnensystems wohl überall, und jedenfalls bei Hecuba, wesentlich grösser als alle anderen Glieder, ich habe mich desshalb in erster Annäherung darauf beschränken zu dürfen geglaubt, in ϱ, ausser dem mit den Integrationsconstanten behafteten Gliede, diejenigen Glieder zu ermitteln, welche die 6 Argumente $(1-\varsigma)v - \Gamma$, vermehrt oder vermindert um eines der Argumente I, II, III enthalten, da allein diese aus der Berücksichtigung der Producte der in (10) angesetzten variabelen Theile von ζ mit dem grösten Gliede von ϱ, nämlich mit $\varkappa \cos((1-\varsigma)v - \Gamma)$ hervorgehen. Wir setzen also unter der angenommenen Beschränkung auf die angesetzten Argumente:

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} \varrho = \; & \varkappa \cos((1-\varsigma)v - \Gamma) + \tfrac{\varkappa_1 + \varkappa'_1}{2} \cos((1-\sigma')v - A') + \tfrac{\varkappa_2 + \varkappa'_2}{2} \cos((1-\sigma'')v - A'') \\ & + \tfrac{\varkappa_3 + \varkappa'_3}{2} \cos((1-\sigma''')v - A''') \\ & + \tfrac{\varkappa_1 - \varkappa'_1}{2} \cos((1-2\varsigma+\sigma')v + A' - 2\Gamma) + \tfrac{\varkappa_2 - \varkappa'_2}{2} \cos((1-2\varsigma+\sigma'')v + A'' - 2\Gamma) \\ & + \tfrac{\varkappa_3 - \varkappa'_3}{2} \cos((1-2\varsigma+\sigma''')v + A''' - 2\Gamma). \end{aligned} \right.$$

Setzt man diesen Werth und die Reihen (9) und (10) in die Gleichung (7) ein und behält ausser den Gliedern mit dem Argumente $(1-\varsigma)v - \Gamma$ nur die wesentlichsten der Glieder mit den in (11) angesetzten Argumenten bei, so findet man leicht die folgende Gleichung:

$$
\left.\begin{aligned}
&\varkappa\left[-(1-\varsigma)^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]\cos\left((1-\varsigma)v-\Gamma\right)\\
&+\left\{\frac{\varkappa_1+\varkappa'_1}{2}\left[-(1-\sigma')^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]+(\gamma_5+\gamma_7\delta_0)\overline{\varkappa_1}+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_1}{2}\right\}\cos\left((1-\sigma')v-A'\right)\\
&+\left\{\frac{\varkappa_2+\varkappa'_2}{2}\left[-(1-\sigma'')^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]+(\gamma_5+\gamma_7\delta_0)\overline{\varkappa_2}+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_2}{2}\right\}\cos\left((1-\sigma'')v-A''\right)\\
&+\left\{\frac{\varkappa_3+\varkappa'_3}{2}\left[-(1-\sigma''')^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]+(\gamma_5+\gamma_7\delta_0)\overline{\varkappa_3}+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_3}{2}\right\}\cos\left((1-\sigma''')v-A'''\right)\\
&+\left\{\frac{\varkappa_1-\varkappa'_1}{2}\left[-(1-2\varsigma+\sigma')^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_1}{2}\right\}\cos\left((1-2\varsigma+\sigma')v+A'-2\Gamma\right)\\
&+\left\{\frac{\varkappa_2-\varkappa'_2}{2}\left[-(1-2\varsigma+\sigma'')^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_2}{2}\right\}\cos\left((1-2\varsigma+\sigma'')v+A''-2\Gamma\right)\\
&+\left\{\frac{\varkappa_3-\varkappa'_3}{2}\left[-(1-2\varsigma+\sigma''')^2+(1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0)\right]+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_3}{2}\right\}\cos\left((1-2\varsigma+\sigma''')v+A'''-2\Gamma\right)
\end{aligned}\right\}=0.
$$

Um diese Gleichung zu erfüllen, müssen alle Coefficienten der Cosinus verschwinden. Der Coefficient von $\cos\left((1-\varsigma)v-\Gamma\right)$ gleich Null gesetzt, ergiebt für ς die Gleichung:

$$(1-\varsigma)^2 = 1+\gamma_8+\gamma_6\delta_0, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

zu welcher wir bemerken, dass γ_8 und γ_6 negative Grössen sind, also, da δ_0 eine positive Grösse ist, auch ς als eine positive Grösse erhalten wird.

Die übrigen Coefficienten der vorstehenden Gleichung liefern unter Benutzung der Relation (12) und indem man:

$$
\left.\begin{aligned}
\overline{\varkappa_1}\,(\gamma_5+\gamma_7\delta_0) &= \varkappa',\\
\overline{\varkappa_2}\,(\gamma_5+\gamma_7\delta_0) &= \varkappa'',\\
\overline{\varkappa_3}\,(\gamma_5+\gamma_7\delta_0) &= \varkappa'''
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)
$$

setzt, die folgenden Gleichungen zur Bestimmung der Coefficienten von ϱ:

$$
\left.\begin{aligned}
\frac{\varkappa_1+\varkappa'_1}{2} &= \frac{\varkappa'+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_1}{2}}{2(\varsigma-\sigma')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma'}{2}\right)}, & \frac{\varkappa_1-\varkappa'_1}{2} &= -\frac{\gamma_6\frac{\varkappa\delta_1}{2}}{2(\varsigma-\sigma')\left(1-\frac{3\varsigma-\sigma'}{2}\right)},\\
\frac{\varkappa_2+\varkappa'_2}{2} &= \frac{\varkappa''+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_2}{2}}{2(\varsigma-\sigma'')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma''}{2}\right)}, & \frac{\varkappa_2-\varkappa'_2}{2} &= -\frac{\gamma_6\frac{\varkappa\delta_2}{2}}{2(\varsigma-\sigma'')\left(1-\frac{3\varsigma-\sigma''}{2}\right)},\\
\frac{\varkappa_3+\varkappa'_3}{2} &= \frac{\varkappa'''+\gamma_6\frac{\varkappa\delta_3}{2}}{2(\varsigma-\sigma''')\left(1-\frac{\varsigma+\sigma'''}{2}\right)}, & \frac{\varkappa_3-\varkappa'_3}{2} &= -\frac{\gamma_6\frac{\varkappa\delta_3}{2}}{2(\varsigma-\sigma''')\left(1-\frac{3\varsigma-\sigma'''}{2}\right)}.
\end{aligned}\right\} \ldots (14)
$$

Setzen wir dann:

$$(15)\ldots\ldots \begin{cases} \eta \cos(\pi - \Gamma) = \varkappa + \varkappa_1 \cos \mathrm{I} + \varkappa_2 \cos \mathrm{II} + \varkappa_3 \cos \mathrm{III}, \\ \eta \sin(\pi - \Gamma) = \quad \varkappa'_1 \sin \mathrm{I} + \varkappa'_2 \sin \mathrm{II} + \varkappa'_3 \sin \mathrm{III}, \end{cases}$$

so erhalten wir die elementären Glieder von ϱ vermittelst der Formel:

$$(16)\ldots\ldots \varrho = \eta \cos\big((1-\varsigma)\, v - \pi\big).$$

Die Coefficienten für $\eta \cos(\pi - \Gamma)$ und für $\eta \sin(\pi - \Gamma)$ sind, wie man sieht, verschieden. Man könnte zwar leicht bewirken, dass die Coefficienten welche zu gleichen Argumenten gehören für beide Funktionen gleich sind, müsste aber dann die Anzahl der Argumente, deren in den Gleichungen (17) nur drei vorkommen, auf sechs vergrössern. Wir haben auf diese Weise die in Paragraph 18 angenommene Form für die Funktionen (4) erhalten. Erwähnen wollen wir noch, dass die in den Gleichungen (13) und (14) vorkommenden Constanten $\mathfrak{z}_0$, $\mathfrak{z}_1$, $\mathfrak{z}_2$, $\mathfrak{z}_3$ nach den Formeln (17) des vorigen Paragraphen die aus (16) zu bestimmende Grösse $\varkappa$ selbst wieder einschliessen, so dass also diese Gleichungen durch Näherung aufzulösen sind.

Es könnte scheinen, als ob wir in dem Ansatze (11) gegenüber den Untersuchungen des Paragraphen 18 eine Inconsequenz begangen hätten. Wir berücksichtigten nämlich dort die Glieder mit den Argumenten II—I, III—I, III—II neben denjenigen mit den Argumenten I, II, III, weil die ersteren, obwohl sie in den Entwickelungen, welche noch keiner Integration unterworfen worden sind, klein gegen die letzteren sind, doch in Anbetracht der Grösse von ς gegenüber σ', σ'', σ''' durch die Integration auch kleinere Divisoren erhalten. Wir haben diese Glieder dort, selbst in Anbetracht der Vergrösserung durch die Integration nur desshalb mitgenommen, weil sie zweimal diese Vergrösserung durch Integration erleiden, insofern diese Glieder in den Ausdruck für H_1 oder, was auf dasselbe hinauskommt, in die Formel für die Zeit t, als Funktion von v ausgedrückt, eingehen. Die Glieder von ϱ, welche durch eine einmalige Integration erhalten werden, würden soweit sie durch den Ansatz (11) dargestellt werden, sicher für ϱ an und für sich in erster Näherung ausreichend sein, obwohl die Glieder mit den Argumenten:

$$(c)\quad \begin{cases} (1 + \sigma' - \sigma'' - \varsigma)\, v + A' - A'' - \Gamma, & (1 + \sigma' - \sigma''' - \varsigma)\, v + A' - A''' - \Gamma, \\ (1 - \sigma' + \sigma'' - \varsigma)\, v - A' + A'' - \Gamma, & (1 + \sigma'' - \sigma''' - \varsigma)\, v + A'' - A''' - \Gamma, \\ (1 - \sigma' + \sigma''' - \varsigma)\, v - A' + A''' - \Gamma, & (1 - \sigma'' + \sigma''' - \varsigma)\, v - A'' + A''' - \Gamma \end{cases}$$

bei der Integration nach den Formeln (12) und (13) von ς freie und desswegen gegen die den anderen der Argumente (a) und (b) entsprechenden Glieder kleine Divisoren erhalten. Durch die elementären Theile von ϱ werden aber Glieder bestimmt, welche, indem sie in die Formel für t übergehen, einer nochmaligen Integration unterliegen, durch welche Theile die

aus den den Argumenten (c) entsprechenden Gliedern abgeleitet sind, nochmals Divisoren bekommen, welche gegen diejenigen anderer Glieder klein sind, so bedarf die scheinbar nicht consequente Nichtberücksichtigung der Glieder mit den Argumenten (c), welche in der Formel für t Beiträge zu den Gliedern mit den Argumenten II—I, III—I, III—II liefern, eine besondere Rechtfertigung. Diese ist in dem Verhältnisse, in welchem die den Argumenten (c) entsprechenden Glieder von ϱ zu einander stehen und in der Art und Weise, wie diese Glieder in die Formel für die Zeit t oder in H_1 übergehen, begründet.

Was diesen Punkt betrifft, bemerken wir, dass die Argumente (c) in der Formel (7) immer paarweise zusammengehörig auftreten. Wir beachten beispielsweise im Producte $\mathfrak{z}\varrho$ die Glieder $\mathfrak{z}_1 \cos \mathrm{I}.\frac{\varkappa_2+\varkappa'_2}{2}\cos((1-\sigma'')v-A'')$ und $\mathfrak{z}_2 \cos \mathrm{II}.\frac{\varkappa_1+\varkappa'_1}{2}\cos((1-\sigma')v-A')$ oder vielmehr nur die Theile $\frac{\mathfrak{z}_1(\varkappa_2+\varkappa'_2)}{4}\cos((1+\sigma'-\sigma''-\varsigma)v+A'-A''-\Gamma)$ und $\frac{\mathfrak{z}_2(\varkappa_1+\varkappa'_1)}{4}\cos((1-\sigma'+\sigma''-\varsigma)v-A'+A''-\Gamma)$ und im Producte $\mathfrak{z}\eta'\cos((1-\mu\varsigma')v-\pi')$ nach der Formel (9) die entsprechenden Theile $\frac{\mathfrak{z}_1\overline{\varkappa}_2}{2}\cos((1+\sigma'-\sigma''-\varsigma)v+A'-A''-\Gamma)$ und $\frac{\mathfrak{z}_2\overline{\varkappa}_1}{2}\cos((1-\sigma'+\sigma''-\varsigma)v-A'+A''-\Gamma)$. Die beiden durch diese Glieder hervorgerufenen Theile von ϱ bezeichen wir mit Hülfe der zwei zu bestimmenden Coefficienten $\varkappa_{12}$ und $\varkappa_{21}$ durch die Formel:

$$\varrho = \varkappa_{12}\cos((1+\sigma'-\sigma''-\varsigma)v+A'-A''-\Gamma)+\varkappa_{21}\cos((1-\sigma'+\sigma''-\varsigma)v-A'+A''-\Gamma).$$

Dann giebt die Substitution der erwähnten Theile in die Gleichung (7) indem wir die Relationen $(1-\varsigma)^2 = 1+\gamma_8+\gamma_6\mathfrak{z}_0$ benutzen, die folgende Gleichung:

$$\left\{\begin{array}{l}\varkappa_{12}\left[-(1+\sigma'-\sigma''-\varsigma)^2+(1-\varsigma)^2\right]\\ +\gamma_6\mathfrak{z}_1\frac{\varkappa_2+\varkappa'_2}{4}+\gamma_7\mathfrak{z}_1\frac{\overline{\varkappa}_2}{2}\end{array}\right\}\cos((1-\sigma'-\sigma''-\varsigma)v+A'-A''-\Gamma)$$
$$+\left\{\begin{array}{l}\varkappa_{21}\left[-(1-\sigma'+\sigma''-\varsigma)^2+(1-\varsigma)^2\right]\\ +\gamma_6\mathfrak{z}_2\frac{\varkappa_1+\varkappa'_1}{4}+\gamma_7\mathfrak{z}_2\frac{\overline{\varkappa}_1}{2}\end{array}\right\}\cos((1-\sigma'+\sigma''-\varsigma)v-A'+A''-\Gamma)\Bigg\}=0,$$

welche durch die Bedingung, dass die Coefficienten der beiden Cosinus einzeln verschwinden, die nachstehenden Werthe für $\varkappa_{12}$ und $\varkappa_{21}$ liefert:

$$\varkappa_{12}=\frac{\gamma_6\mathfrak{z}_1\frac{\varkappa_2+\varkappa'_2}{4}+\gamma_7\mathfrak{z}_1\frac{\overline{\varkappa}_2}{2}}{2(\sigma'-\sigma'')\left(1-\frac{2\varsigma-\sigma'+\sigma''}{2}\right)},\qquad \varkappa_{21}=-\frac{\gamma_6\mathfrak{z}_2\frac{\varkappa_1+\varkappa'_1}{4}+\gamma_7\mathfrak{z}_2\frac{\overline{\varkappa}_1}{2}}{2(\sigma'-\sigma'')\left(1-\frac{2\varsigma+\sigma'-\sigma''}{2}\right)}.$$

Die Art und Weise, in welcher nach den Untersuchungen des vorigen Paragraphen die Constanten $\mathfrak{z}$ mit den Constanten $\varkappa$, $\varkappa'$ und $\overline{\varkappa}$ verbunden sind, lässt erkennen, dass die

beiden Werthe $\varkappa_{12}$ und $\varkappa_{21}$ nach den erhaltenen Formeln nahezu gleich gross aber mit entgegengesetzten Vorzeichen resultiren müssen; im numerischen Falle ist beispielsweise $\varkappa_{12}$ von $-\varkappa_{21}$ um noch nicht 14% des grösseren Werthes $\varkappa_{12}$ verschieden. Gestatten wir uns diese unwesentliche Differenz zu übergehen, so wird also der untersuchte Theil von ϱ durch die Gleichung:

$$\varrho = 2\varkappa_{12} \sin (\text{II}-\text{I}) \sin \left((1-\varsigma)\, v - \Gamma\right)$$

dargestellt, der man die den übrigen Argumenten (c) entsprechenden Glieder, nämlich:

$$2\varkappa_{13} \sin (\text{III}-\text{I}) \sin \left((1-\varsigma)\, v - \Gamma\right) + 2\varkappa_{23} \sin (\text{III}-\text{II}) \sin \left((1-\varsigma)\, v - \Gamma\right)$$

ohne Weiteres hinzufügen kann. Diese Glieder aber liefern, indem man ϱ in die Form:

$$\varrho = \eta \cos \left((1-\varsigma)\, v - \pi\right)$$

bringt zu den Funktionen $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ und $\eta \sin (\pi-\Gamma)$ die Beiträge:

$$\eta \cos (\pi-\Gamma) = 0\,,$$

$$\eta \sin (\pi-\Gamma) = 2\varkappa_{12} \sin (\text{II}-\text{I}) + 2\varkappa_{13} \sin (\text{III}-\text{I}) + 2\varkappa_{23} \sin (\text{III}-\text{II}).$$

In dem Umstande nun, dass, wie hieraus hervorgeht, der Beitrag derjenigen Glieder von ϱ, welche den Argumenten (c) angehören, zu der Funktion $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ ganz unbedeutend ist und sich ganz nur in $\eta \sin (\pi-\Gamma)$ offenbart, liegt die Ursache, wesshalb wir von der Berücksichtigung dieser Glieder abgesehen haben. In der Formel für die Zeit oder für H_1 treten nämlich die Funktionen $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ und $\eta \sin (\pi-\Gamma)$, wie aus den Untersuchungen des vorigen Paragraphen hervorgeht, nur in den beiden Verbindungen:

$$\eta^2 \text{ und } \eta\eta' \sin \left((\varsigma-\mu\varsigma')\, v + \pi - \pi'\right)$$

auf, welche zur Bildung von H_1 nach v integrirt werden. Was die erste Funktion betrifft, so könnten die in Frage stehenden Glieder einen merkbareren Beitrag zu den den Argumenten II—I, III—I, III—II entsprechenden Gliedern, welche ja eben bei der erwähnten Integration wesentlich vergrössert werden, nur dadurch liefern, dass $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ Glieder gleichfalls mit den Argumenten II—I, III—I, III—II enthielte, indem die Haupttheile von η^2 durch die Producte des constanten Gliedes $\varkappa$ von $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ mit den variabelen Theilen derselben Funktion bei der Bildung des Productes $\eta^2 \cos^2 (\pi-\Gamma)$ erhalten werden. Nach unserer Betrachtung ist aber der Einfluss der den Argumenten (c) entsprechenden Theile von ϱ auf die Funktion $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ unbedeutend dadurch, dass sich Glieder gegenseitig zum grössten Theile zerstören. Was die Producte der Glieder mit den Argumenten II—I, III—I, III—II in den Funktionen $\eta \cos (\pi-\Gamma)$ und $\eta \sin (\pi-\Gamma)$ mit den Gliedern anderer Argumente dieser selben Funktionen und die Quadrate der Glieder mit den Argumenten II—I,

III—I, III—II bei der Bildung der Grössen $\eta^2 \cos^2(\pi—\Gamma)$ und $\eta^2 \sin^2(\pi—\Gamma)$ betrifft, so ist klar, dass in denselben bei der Multiplication der trigonometrischen Funktionen eine derartige Veränderung in den Argumenten eintritt, dass bei einer Integration nach v die wesentlichsten Glieder keinen gegen ς kleinen Divisor erhalten. Die zuletzt für die Funktion η^2 gemachte Bemerkung gilt aber, da die Funktionen $\eta' \cos(\pi' — \Gamma — (\varsigma — \mu\varsigma') v)$ und $\eta' \sin(\pi' — \Gamma — (\varsigma — \mu\varsigma') v)$ nach der Gleichung (3) des Paragraphen 18 dieselbe Form haben wie bezüglich $\eta \cos(\pi—\Gamma) — \varkappa$ und $\eta \sin(\pi—\Gamma)$ — mit dem Unterschiede, dass die Coefficienten für die beiden ersteren Funktionen bezüglich gleich sind — auch in Bezug auf die Funktion:

$$\eta\eta' \sin((\varsigma—\mu\varsigma') v + \pi—\pi') = — \eta \cos(\pi—\Gamma)\, \eta' \sin(\pi'—\Gamma — (\varsigma—\mu\varsigma') v) + \eta \sin(\pi—\Gamma)\, \eta' \cos(\pi'—\Gamma — (\varsigma—\mu\varsigma') v).$$

Es können also in der That aus den den Argumenten (c) zugehörigen Theilen von ϱ in die Formel für H_1, gegenüber den im vorigen Paragraphen berücksichtigten Gliedern mit den Argumenten II—I, III—I, III—II nur unbedeutende Glieder gleicher Form übergeführt werden.

20[1]). Ehe wir weitergehen, wollen wir einige Bemerkungen über die vorausgesetzte Convergenz der in den vorigen Paragraphen vorgenommenen Entwickelungen hinzufügen.

Die Convergenz derselben ist, wie es scheint, vorerst nicht erweisbar; ja, man kann ein Bedenken selbst nur gegen die Wahrscheinlichkeit derselben erheben: Die Integration der Gleichung:

$$\frac{d^2\varrho}{dv^2} + (1—\varsigma)^2 \varrho = \varkappa^{(\nu)} \cos((1—\sigma^{(\nu)}) v — A^{(\nu)}), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

in welcher $\varkappa^{(\nu)}$, $\sigma^{(\nu)}$ und $A^{(\nu)}$ Constanten bedeuten, ergiebt, abgesehen von dem mit den Integrationsconstanten behafteten Gliede, für ϱ den Werth:

$$\varrho = \frac{\varkappa^{(\nu)}}{2(\sigma^{(\nu)}—\varsigma)\left(1 — \frac{\sigma^{(\nu)}+\varsigma}{2}\right)} \cos((1—\sigma^{(\nu)}) v — A^{(\nu)}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Ist nun die rechte Seite der Gleichung (1) ein Glied, welches bei der allmäligen Näherung in der im vorigen Paragraphen geschilderten Weise ein Argument erhalten hat, das sich aus den Argumenten (a) algebraisch zusammensetzt, so ist von vornherein nicht die Möglichkeit ausgeschlossen, dass aus den Werthen ς, σ', σ'', σ''' sich solche von ς ausserordentlich wenig verschiedene Combinationen $\sigma^{(\nu)}$ bilden liessen, dass, wie gross auch die Ordnung der zugehörigen Coefficienten $\varkappa^{(\nu)}$ sei, die Kleinheit dieser Coefficienten in der

1) Zum Inhalte dieses Paragraphen vergleiche man Herrn H. Bruns' «Bemerkungen zur Theorie der allgemeinen Störungen» in Astr. Nachr. № 2606.

Formel (2) für ϱ durch eine entsprechende Kleinheit der Differenz $\sigma^{(\nu)}-\varsigma$ compensirt würde — gleiches gilt auch dann, wenn die Coefficienten $\varkappa^{(\nu)}$ von der Anziehung durch einen Planeten von ganz unbedeutender Masse herrührten — und in Folge dessen aus vernachlässigten ganz unbeträchtlichen Gliedern höherer Ordnung in der rechten Seite der Gleichung (7) des vorigen Paragraphen für ϱ sehr beträchtliche Glieder im Werthe für ϱ entstehen könnten. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass bei einer geeigneten Behandlung dieser Glieder, für welche wir als Repräsentanten vorerst nur eines annehmen, die Unmöglichkeit dafür erkannt wird, dass diese Glieder mässige Grössen überschreiten. Wir haben nämlich oben schon gesehen, dass bei dem Uebergange von approximativer Commensurabilität der mittleren Bewegungen zu strenger Commensurabilität immer nur endliche Grössen in den Bewegungsgleichungen auftreten, während nach der gewöhnlichen Behandlungsweise gewisse Glieder unendlich kleine Divisoren erhalten würden. Bei der Behandlung der elementären Glieder in ϱ sind wir nun nicht wesentlich von der gewöhnlichen Behandlungsweise abgewichen, weil dazu keine Veranlassung vorliegt, wenn nicht für eines der Glieder die Bedingung $\sigma^{(\nu)}-\varsigma = 0$ wenigstens näherungsweise erfüllt ist. Ist dagegen dieses Letztere der Fall, so würde unsere Behandlungsweise der elementären Glieder ungenügend sein und wir würden die Schwierigkeit wegen sehr gross werdender Glieder auf analoge Weise umgehen müssen, wie uns dieses bei den Fällen approximativer oder strenger Commensurabilität gelungen ist. Man darf hiernach annehmen, dass, wenn die Differenz $\sigma^{(\nu)}-\varsigma$ immer kleiner und kleiner wird, das entsprechende Glied von ϱ sich nichts desto weniger einem endlichen Werthe nähert, welchen es für $\sigma^{(\nu)}-\varsigma = 0$ erreicht. In Paragraph 15 sahen wir, dass, wenn die Bedingung $\delta+\varsigma = 0$ erfüllt ist, die mittlere Bewegung des Planeten mit der Masse m durch die des Planeten mit der Masse m' bestimmt ist, und ausserdem die Integrationsconstante Λ aus den Bewegungsgleichungen verschwindet; dass ferner statt der weggefallenen zwei neue Integrationsconstanten υ und F auftreten, welche in einem periodischen Gliede bezüglich den Coefficienten und ein Increment des Arguments vorstellen. In analoger Weise ist anzunehmen, dass auch das Bestehen der Gleichung $\sigma^{(\nu)}-\varsigma = 0$ das Auftreten eines mit zwei Integrationsconstanten behafteten periodischen Gliedes veranlasst, dessen Periode nach Analogie der Formel (9) des Paragraphen 15 gegen die Umlaufszeit des Planeten mit der Masse m gross ist im Verhältnisse mindestens des reciproken Werthes der Wurzel aus der Masse m' zur Einheit. Durch das Auftreten dieses Gliedes würden vermuthlich die Integrationsconstanten $\varkappa$ und Γ als willkürliche Constanten aus den Bewegungsgleichungen eliminirt werden.

Ganz ähnlich, wie die elementären Glieder von ϱ von der Form (B) verhalten sich, — wir wollen diesen Punkt gleich hier erledigen — die ähnlich geformten Glieder von ζ, sodass die Bemerkungen, welche wir über die ersteren gemacht haben, mutatis mutandis, auch auf die letzteren anwendbar sind. Es wäre also auch wahrscheinlich, dass das Bestehen einer Gleichung $\theta^{(\nu)} - \tau = 0$ wiederum ein mit zwei willkürlichen Integrationsconstanten behaftetes Glied von sehr langer Periode einführte, durch welche die

Integrationsconstanten $\tilde{\omega}$ und E als willkürliche Constanten aus den Bewegungsgleichungen eliminirt würden. Man könnte sich also sehr wohl einen Fall denken, in welchem die sechs willkürlichen Integrationsconstanten des Problems die durch die genannten drei periodischen Glieder von langer Periode eingeführten Integrationsconstanten wären, während die gewöhnlichen Integrationsconstanten n, Λ, $\varkappa$, Γ, $\tilde{\omega}$, E als willkürliche Constanten aus den Bewegungsgleichungen verschwänden.

Wenn die vorstehenden Bemerkungen auch nur auf Vermuthungen beruhen, so dürften sie doch wenigstens den Werth haben, plausibel zu machen, dass die approximative oder strenge Erfüllung der Gleichungen von der Form $\sigma^{(\nu)} - \varsigma = 0$, $\theta^{(\nu)} - \tau = 0$ nicht nothwendigerweise zu divergenten Reihen führt.

Wir haben diese Bemerkungen über ϱ gemacht unter der Annahme, dass nur Eine die Convergenz gefährdende Combination $\sigma^{(\nu)}$ von ς, σ', σ'', σ''' vorhanden sei. Wir fassen aber alle Glieder gleichen Characters der rechten Seite der Gleichung (1) in die folgende Form zusammen:

$$\varkappa^{(\mu)} \cos\left((1-\sigma^{(\mu)})\, v - A^{(\mu)}\right) = \varkappa^{(\nu)} \cos\left((1-\sigma^{(\nu)})\, v - A^{(\nu)}\right) + \varkappa^{(\nu')} \cos\left((1-\sigma^{(\nu')})\, v - A^{(\nu')}\right) + \cdots,$$

wobei zwar die $\varkappa^{(\nu)}$ und $A^{(\nu)}$, aber nicht $\varkappa^{(\mu)}$ und $A^{(\mu)}$ Constanten sind, sondern unter der Annahme, dass der grösste Coefficient der auf der rechten Seite stehenden Reihe $\varkappa^{(\nu)}$ ist, und $\sigma^{(\mu)} = \sigma^{(\nu)}$ angenommen wird, aus den Formeln bestimmt werden müssen:

$$\varkappa^{(\mu)} \cos\left(A^{(\mu)} - A^{(\nu)}\right) = \varkappa^{(\nu)} + \varkappa^{(\nu')} \cos\left((\sigma^{(\nu')} - \sigma^{(\nu)})\, v + A^{(\nu')} - A^{(\nu)}\right) + \cdots$$

$$\varkappa^{(\mu)} \sin\left(A^{(\mu)} - A^{(\nu)}\right) = \qquad \varkappa^{(\nu')} \sin\left((\sigma^{(\nu')} - \sigma^{(\nu)})\, v + A^{(\nu')} - A^{(\nu)}\right) + \cdots$$

Dann ist aus den früher angestellten Betrachtungen zu schliessen, dass für das Glied $\varkappa^{(\mu)} \cos\left((1-\sigma^{(\mu)})\, v - A^{(\mu)}\right)$ der rechten Seite der Gleichung (1) sich aus der Voraussetzung der Constanz der Werthe von $\varkappa^{(\mu)}$ und $A^{(\mu)}$, welcher unsere bisherigen Bemerkungen gelten, durch Hinzufügung von unwesentlichen Zusatzgliedern die entsprechenden Resultate für die Glieder von ϱ werden ableiten lassen.

Die vorstehenden Bemerkungen werfen nun auch Licht auf die Entwickelungen des Paragraphen 18. Die Convergenz dieser Entwickelungen könnte gleichfalls gefährdet scheinen dadurch, dass Glieder aufträten, deren Argumente, indem sie sich aus den Argumenten I, II, III zusammensetzen, die Variabele v in eine derartig gegen ς kleine Grösse $\sigma^{(\nu)}$ multiplicirt enthalten, dass die kleinen Divisoren, welche die zum Theil zweimal nach v integrirten Glieder bekämen, die vor der Integration kleinen Coefficienten dieser Glieder compensirten. Wenn es aber gelingt, die Glieder von der Form (B) über einer bestimmten Grenze zu halten, wie dieses nach den vorstehenden Bemerkungen nicht unwahrscheinlich ist, so gilt Gleiches offenbar auch von den Gliedern von der Form (A), wie schon daraus zu schliessen ist, dass wenn dem Argumente:

$$(1-\sigma)\,v-B$$

bei der Bestimmung von ϱ der Integrationsdivisor $2\,(\sigma-\varsigma)\left(1-\frac{\sigma+\varsigma}{2}\right)$ zugehört, die entsprechende Form (A):

$$(\sigma-\varsigma)\,v+B-\Gamma$$

den Divisor $\sigma-\varsigma$ erhält. Dieser Divisor tritt zwar in der Formel für die Zeit zweimal auf, dagegen müssen die wesentlichsten Theile der durch die zweite Integration vergrösserten Glieder in der Formel für die Zeit verschwinden, was aus dem oben gegebenen Beweise dafür hervorgeht, dass die Grösse ν eine Grösse von der Ordnung der Masse der grossen Planeten ist.

Wie sich die Untersuchung über die unbedingte Convergenz der hier auftretenden Reihen auch gestalten möge, in praktischer Beziehung dürfte, wenn es sich darum handelt, die Bewegungen im Verlaufe von Zeitintervallen darzustellen, welche gegen die Periode, in welchen die Grössen ςv, $\sigma' v$, $\sigma'' v$, $\sigma''' v$; τv, $\vartheta'' v$, $\vartheta''' v$ einen Umlauf vollenden, beträchtlich sind, die Brauchbarkeit derselben kaum einem begründeten Zweifel unterliegen: Ein Glied von ϱ von der Form (B), mit einem Argument $(1-\sigma^{(\nu)})\,v-A^{(\nu)}$ wird sich um so längere Zeit mit dem mit den Integrationsconstanten behafteten Theile $\varkappa\cos\left((1-\varsigma)\,v-\Gamma\right)$ merkbar verschmelzen und nur die Werthe der Integrationsconstanten $\varkappa$ und Γ, indem man diese aus den Beobachtungen ermittelt, um so unbeträchtlicher verändern, je näher $\sigma^{(\nu)}$ dem Werthe von ς liegt, je mehr also von der Grösse des entsprechenden Gliedes für die Convergenz der Entwickelung für ϱ zu fürchten ist. Ein Glied in der Zeit mit einem Argumente $\sigma^{(\nu)}v+A^{(\nu)}$ wird sich in entsprechender Weise um so länger durch eine Constante ersetzen lassen, welche die aus den Beobachtungen abzuleitende Integrationsconstante Λ unbeträchtlich fälscht, je kleiner $\sigma^{(\nu)}$ ist, je mehr also auch hier die entsprechenden Glieder für die Convergenz gefährlich werden können. Ganz analoge Bemerkungen gelten auch für die Glieder von $\mathfrak{z}$ und l, welche gleiche Form haben wie bezüglich die erwähnten Glieder von ϱ und t. Es ist danach zu übersehen, dass für Zeitintervalle, welche mit den Perioden von ςv etc. mindestens vergleichbar sind, die Vernachlässigung der die Convergenz gefährdenden Glieder im Wesentlichen sich durch eine Veränderung der 6 Integrationsconstanten wird compensiren lassen. Wir hoffen mit diesen Bemerkungen wenigstens die praktische Gültigkeit der vorstehenden Entwickelungen für Zeitintervalle klar gemacht zu haben, welche gegenüber denjenigen, für welche die nach der gewöhnlichen Methode erhaltenen Resultate brauchbar bleiben, sicher als sehr gross anzusehen sind. Um nämlich die der gewöhnlichen Methode entsprechenden Formeln zu erhalten, würden wir, was den hier in Frage kommenden Punkt betrifft, unsere Reihen nach den Potenzen der Grössen ςv, $\sigma' v$, $\sigma'' v$, $\sigma''' v$, τv, $\vartheta'' v$, $\vartheta''' v$, $\vartheta^{IV} v$ zu entwickeln haben und zwar mit Beschränkung auf die niedrigen Potenzen dieser Grössen. Dabei verändern die Haupttheile unserer elementären Glieder einfach die Integrationsconstanten. Mit den niedrigen Potenzen der Grössen ςv etc. kann man aber, von osculirenden Werthen ausgehend, sicher nur einen kleinen Theil der Periode umfassen, in welcher die

Grössen ςv etc. ihre Umläufe durch 360° vollenden, während unsere Entwickelungen Bedenken erregen höchstens gegenüber solchen Gliedern, welche nach der gewöhnlichen Methode behandelt, ausser sich mit den Integrationsconstanten vereinigenden Theilen Entwickelungen nach Grössen $\sigma^{(\nu)}v$ ergeben würden, welche gegen die Grössen ςv etc. als sehr klein zu betrachten sind.

21. Wir haben die bisher erhaltenen Formeln etwas weiter zu entwickeln, um sie in eine für die numerische Rechnung brauchbare Gestalt zu bringen. Vorerst soll diese Entwickelung mit den grössten nicht elementären Gliedern von ρ_1 vorgenommen werden. Diese gehen nach Paragraph 12 aus der folgenden Gleichung hervor:

$$\frac{d^2\rho}{dv^2} + (1-\varsigma)^2\rho = -\gamma_0 \cos\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right)\overline{\cos 2\psi} + \gamma_0 \sin\left((1-\varsigma)v - \Gamma\right)\overline{\sin 2\psi}.$$

Nach der Formel (7) des Paragraphen 17 ist aber:

$$\overline{\cos 2\psi} = 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\cos\left((\delta+\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G\right) + 32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\cos\left(2(\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G + 2\mathfrak{H}\right)$$

$$\overline{\sin 2\psi} = 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\sin\left((\delta+\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G\right) + 32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\sin\left(2(\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G + 2\mathfrak{H}\right),$$

sodass es sich bei der Bestimmung der grössten nicht elementären Glieder von ρ_1 um die Integration der folgenden Gleichung handelt:

$$\frac{d^2\rho}{dv^2} + (1-\varsigma)^2\rho = -16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0\cos\left((1+\delta)v + 2\frac{\pi}{2K}G - \Gamma\right)$$
$$-32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0\cos\left((1+2\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G - \Gamma + 2\mathfrak{H}\right).$$

Nach der Formel (3) des Paragraphen 12 entstehen hieraus die folgenden Glieder:

$$\rho_1 = -\frac{1}{1-\varsigma}\cos\left((1-\varsigma)v\right)\int\left\{\begin{array}{l} +8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0\sin\left((\delta+\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G - \Gamma\right) \\ +16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0\sin\left(2(\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G - \Gamma + 2\mathfrak{H}\right) \\ -8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0\sin\left((2+\delta-\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G - \Gamma\right) \\ -16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0\sin\left(2(1+\delta)v + 4\frac{\pi}{2K}G - \Gamma + 2\mathfrak{H}\right) \end{array}\right\}dv$$
$$+\frac{1}{1-\varsigma}\sin\left((1-\varsigma)v\right)\int\left\{\begin{array}{l} -8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0\cos\left((\delta+\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G - \Gamma\right) \\ -16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0\cos\left(2(\delta+\varsigma)v + 4\frac{\pi}{2K}G - \Gamma + 2\mathfrak{H}\right) \\ -8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0\cos\left((2+\delta-\varsigma)v + 2\frac{\pi}{2K}G - \Gamma\right) \\ -16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0\cos\left(2(1+\delta)v + 4\frac{\pi}{2K}G - \Gamma + 2\mathfrak{H}\right) \end{array}\right\}dv \quad (1)$$

Nach der schon öfter angewandten Methode ist beispielsweise:

$$\int 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\cos\left((\delta+\varsigma)v+2\frac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)dv = 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\frac{1}{\delta+\varsigma}\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\frac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)$$
$$-\int\sin\left((\delta+\varsigma)v\right)\frac{d\,16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\frac{1}{\delta+\varsigma}\cos\left(2\frac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)}{dv}dv$$
$$-\int\cos\left((\delta+\varsigma)v\right)\frac{d\,16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\frac{1}{\delta+\varsigma}\sin\left(2\frac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)}{dv}dv.$$

Die mit den Integralzeichen behafteten Theile der rechten Seite dieser Formel sind aber, indem die Differentiation der Ausdrücke unter den Integralzeichen die Glieder um eine Grössenordnung in Bezug auf die Masse erhöht, um die Ordnung der Grösse $\frac{m'}{\delta+\varsigma}$ — welche nach unserer Voraussetzung einer nur approximativen Commensurabilität klein ist — unbedeutender als das von den Integralzeichen befreite Glied. In Folge dessen werden wir allein diese als wesentlich beibehalten.

Nach Analogie der angeschriebenen Formel erhalten wir dann aus der Gleichung (1) leicht die folgenden Glieder von ρ_1, denen wir die elementären Glieder und das constante Glied $\varkappa_0 = \gamma_9 = -\frac{m'}{m_1}P(000)_{00}$ hinzufügen:

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}\rho_1 = \varkappa_0 + \eta\cos\left((1-\varsigma)v-\pi\right) + \frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(\delta+\varsigma)}\cos\left((1+\delta)v+2\frac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)\\ + \frac{8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0}{(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\cos\left((1+2\delta+\varsigma)v+4\frac{\pi}{2K}G-\Gamma+2\vartheta\right).\end{aligned}\right.$$

Dieses ist die Formel (9) des Paragraphen 12 in veränderter Gestalt.

Um die Formel für ρ_2 zu erhalten, gehen wir auf die Gleichung (4) des Paragraphen 14 zurück. Dabei haben wir zu beachten, dass das in γ_3 multiplicirte Glied nur angesetzt wurde, weil es ohne Weiteres nicht ersichtlich war, dass aus diesem Ausdrucke keine wesentlichen Glieder von der Form (A) resultiren, wofür der Nachweis in Paragraph 17 erbracht worden ist. Ausserdem können aus dem fraglichen Ausdrucke nur solche Glieder von der Form (C) entstehen, welche, da γ_3 eine Grösse von der zweiten Ordnung in Bezug auf die Masse m' ist, mindestens um Grössen von der Ordnung der Quotienten aus der Masse m' und der Excentricitäten kleiner sind, als die Glieder gleicher Form, welche aus den mit γ_1 und γ_2 multiplicirten Gliedern folgen. Lassen wir ferner ausser dem in γ_3 multiplicirten Gliede, als unwesentlich, wie schon in Paragraph 17 die in $\frac{d\psi}{dv}$ multiplicirten Glieder fort, so wird:

$$\frac{d\rho_2}{dv} = -\gamma_1\eta\sin(2\psi+\pi-\Gamma) - \gamma_2\eta'\sin\left(2\psi-(\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi'-\Gamma\right)$$
$$+\gamma_4\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')v+\pi-\pi'\right) - \frac{3}{4}\frac{d\eta^2}{dv}.$$

Mit Rücksicht auf die Gleichungen (7) des Paragraphen 17 und (4) des Paragraphen 15 erhalten wir hieraus:

$$\left.\begin{aligned}\frac{d\rho_2}{dv} = &- 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\gamma_1\eta\,\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G+\pi-\Gamma\right)\\ &- 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\gamma_2\eta'\sin\left((\delta+\mu\varsigma')\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G+\pi'-\Gamma\right)\\ &- 32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_1\eta\,\sin\left(2\,(\delta+\varsigma)\,v+4\,\frac{\pi}{2K}\,G+2\mathfrak{H}+\pi-\Gamma\right)\\ &- 32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_2\eta'\sin\left((2\delta+\varsigma+\mu\varsigma')\,v+4\,\frac{\pi}{2K}\,G+2\mathfrak{H}+\pi'-\Gamma\right)\\ &+\frac{1}{2\mu}\left\{\left(2\mu\gamma_4+\frac{3}{4}\,\mu^2\,\frac{\gamma_0\gamma_2}{a\,(1-\varsigma)}\,\mathfrak{z}\right)\eta\eta'\,\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right)-\frac{3}{2}\,\mu\,\frac{d\eta^2}{dv}\right\}\end{aligned}\right\}\quad(3)$$

Den Werth von ρ_2 erhält man hieraus einfach durch Integration. Dabei erhalten die Glieder der dritten und vierten Zeile, welche ohnedem schon um die Ordnung der Grösse q kleiner sind, als die Glieder der ersten und zweiten Zeile, Integrationsdivisoren, welche die ersteren Glieder im Vergleiche zu den letzteren Gliedern nochmals auf die Hälfte herabdrücken. Wir haben desshalb von der Berücksichtigung dieser Glieder abgesehen. Beachtenswerth ist, dass die fünfte Zeile der vorstehenden Formel mit dem durch die Gleichung (10) des Paragraphen 17 gegebenen Theile von X völlig übereinstimmen würde, wenn μ nicht nur näherungsweise, sondern streng gleich $\frac{1}{2}$ wäre. Aus der Formel erhalten wir unter Anwendung des öfter angewandten Verfahrens, mit für die erste Näherung ausreichender Genauigkeit die folgende Formel für ρ_2:

$$\left.\begin{aligned}\rho_2 = &\quad 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\frac{\gamma_1}{\delta+\varsigma}\,\eta\,\cos\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G+\pi-\Gamma\right)\\ &+16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\frac{\gamma_2}{\delta+\mu\varsigma'}\,\eta'\cos\left((\delta+\mu\varsigma')\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G+\pi'-\Gamma\right)\\ &+\frac{1}{2\mu}\int\left(2\mu\gamma_4+\frac{3}{4}\,\mu^2\,\frac{\gamma_0\gamma_2}{a\,(1-\varsigma)}\,\mathfrak{z}\right)\eta\eta'\,\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right)dv-\frac{3}{4}\,(\eta^2+\Delta\eta^2)\end{aligned}\right\}\quad(4)$$

Die Constante $\Delta\eta^2$ ist hinzugefügt, damit ρ_2 keine Constante enthalte. Die dritte Zeile dieses Ausdrucks für ρ_2 wird aus der Entwickelung (19) des Paragraphen 18 durch Multiplication mit $\frac{a}{2\mu\,(\delta+\varsigma)}$ erhalten. Da wir in der Formel für ρ_2 die von $\frac{dP}{dv}$ herrührenden Glieder unterdrückt haben, ist nach der Formel (2) des Paragraphen 13 mit für die erste Näherung genügender Genauigkeit:

$$\nu = -\frac{4}{3}\,\rho_2 \quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\quad(5)$$

Wir haben nun noch, um den Ausdruck für die Zeit aufzustellen, die Gleichungen für

$2\int[\varrho]_1\,dv$, $3\int\left[\varrho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv$ und R_2 zu ermitteln. Was die erste Grösse betrifft, so erhält man sie aus der Formel (2), indem man $[\varrho]_1$ unter Unterdrückung des Factors $(1+\alpha)$ mit $\varrho_1-\varkappa_0$ identificirt, durch Integration nach v. Schon früher haben wir gesetzt:

$$\int\eta\cos\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right)dv=\frac{1}{1-\varsigma}\,\eta\sin\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right);$$

weiter ist:

$$\begin{aligned}\int 16\left(\tfrac{\pi}{2kK}\right)^2 q\cos\left((1+\delta)\,v+2\tfrac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)dv= \quad & 16\left(\tfrac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\tfrac{1}{1+\delta}\sin\left((1+\delta)\,v+2\tfrac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)\\ & -\int\sin\left((1+\delta)\,v-\Gamma\right)\frac{d\,16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\frac{1}{1+\delta}\cos 2\frac{\pi}{2K}G}{dv}\,dv\\ & -\int\cos\left((1+\delta)\,v-\Gamma\right)\frac{d\,16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\frac{1}{1+\delta}\sin 2\frac{\pi}{2K}G}{dv}\,dv.\end{aligned}$$

In dieser Formel sind die Glieder mit den Integralzeichen von der Ordnung der Masse m' kleiner, als die vom Integralzeichen befreiten Glieder. Lassen wir also die ersteren Glieder weg, so wird:

$$(6)\ldots\begin{cases}\int[\varrho]_1\,dv= & \frac{1}{1-\varsigma}\,\eta\sin\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right)\\ & +\frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin\left((1+\delta)\,v+2\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma\right)\\ & +\frac{8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0}{(1+2\delta+\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin\left((1+2\delta+\varsigma)\,v+4\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma+2\mathfrak{v}\right).\end{cases}$$

Der Ausdruck $\int\left[\varrho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_1 dv$ ist mit Hülfe des Quadrats der Gleichung (2) zu bilden, indem man sich auch hier gestattet, den durch die eckige Klammer angezeigten Factor $(1+\alpha)$ zu unterdrücken. Wir werden dabei jedoch nicht alle kurzperiodischen Glieder ansetzen, sondern nur diejenigen, deren Grösse ihre Beachtung in Anbetracht des Umstandes, dass wir die von $\int[\varrho^3]dv$ herrührenden Glieder weggelassen haben, erfordert. In dem numerischen Beispiele werden aus diesem Grunde nur die folgenden beiden Glieder des Werthes von $\left[\varrho^2-\frac{\eta^2}{2}\right]_1$ beachtet:

$$\begin{aligned}\left[\varrho^2-\tfrac{\eta^2}{2}\right]_1= \quad & \tfrac{1}{2}\,\eta^2\cos 2\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right)\\ & +\frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(\delta+\varsigma)}\,\eta\cos\left((2+\delta-\varsigma)\,v+2\tfrac{\pi}{2K}\,G-\pi-\Gamma\right).\end{aligned}$$

Auf ganz ähnliche Weise, wie wir den Werth von $\int[\varrho]_1\,dv$ aus $[\varrho]_1$ ableiteten, folgt hieraus:

$$\left.\begin{aligned}\int\left[\varrho^2-\tfrac{\eta^2}{2}\right]_1 dv = \quad & \tfrac{1}{4(1-\varsigma)}\,\eta^2 \sin 2\,((1-\varsigma)\,v-\pi)\\ & +\tfrac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)^2(\delta+\varsigma)}\,\eta \sin\left((2+\delta-\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\pi-\Gamma\right)\end{aligned}\right\}\ldots(7)$$

Schliesslich erinnern wir uns der Relation (22) des Paragraphen 16:

$$\left.\begin{aligned}R_2 = \tfrac{\pi}{2K}\,G-\Delta-\tfrac{\Gamma}{2} & +\tfrac{2q}{1+q^2}\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\vartheta+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\\ & +\tfrac{2q^2}{2(1+q^4)}\sin 2\left((\delta+\varsigma)\,v+2\vartheta+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)\\ & +\tfrac{2q^3}{3(1+q^6)}\sin 3\left((\delta+\varsigma)\,v+2\vartheta+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G\right)+\cdots\end{aligned}\right\}\ldots.(8)$$

welche den Werth von R_2 ergiebt, wenn wir für $\frac{\pi}{2K}\,G-\Delta-\frac{\Gamma}{2}$ die durch die Untersuchungen des Paragraphen 18 erhaltenen Entwickelungen für H_1 setzen.

Substituirt man nun die Werthe (6), (7) und (8) in die Gleichung (6) des Paragraphen 11 so geht mit Rücksicht auf den Werth (10) desselben Paragraphen für R_2 die folgende Formel für die Zeit hervor:

$$\left.\begin{aligned}nt+\Lambda = v & -\tfrac{1}{\mu}\left(\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Delta-\tfrac{\Gamma}{2}\right)\\ & -\tfrac{1}{\mu}\,\tfrac{2q}{1+q^2}\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+2\vartheta\right)\\ & -\tfrac{1}{\mu}\,\tfrac{2q^2}{2(1+q^4)}\sin 2\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+2\vartheta\right)\\ & -\tfrac{1}{\mu}\,\tfrac{2q^3}{3(1+q^6)}\sin 3\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+2\vartheta\right)\\ & -\tfrac{2}{1-\varsigma}\,\eta \sin\left((1-\varsigma)\,v-\pi\right)\\ & -\tfrac{32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin\left((1+\delta)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma\right)\\ & -\tfrac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0}{(1+2\delta+\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin\left((1+2\delta+\varsigma)\,v+4\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma+2\vartheta\right)\\ & +\tfrac{3}{4(1-\varsigma)}\,\eta^2 \sin 2\,((1-\varsigma)\,v-\pi)\\ & +\tfrac{48\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)^2(\delta+\varsigma)}\,\eta \sin\left((2+\delta-\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\pi-\Gamma\right)\end{aligned}\right\}\ldots(9)$$

Mit diesen Formeln ist die erste Näherung für die Bewegung in der Bahn vollendet. Wir werden im folgenden Paragraphen die erste Näherung für den Sinus der Breite hinzufügen.

22. Der Sinus der Breite ζ ist vermittelst der Grösse φ, welche durch die Substitution:

$$\zeta = \frac{\varphi}{\sqrt[4]{1+\nu}}$$

eingeführt wurde, nach der Formel (4) des Paragraphen 5 zu ermitteln. Die Integration dieser Gleichung liefert nach meinen Rechnungen ausser den elementären Gliedern nur unbedeutende Glieder, deren grösstes bei dem behandelten numerischen Falle auf nur ungefähr eine Bogenminute steigt. Wir werden daher die nicht elementären Glieder von ζ ganz ausser Acht lassen.

Wir haben also in der rechten Seite der Gleichung:

$$(1)\ldots\begin{cases} \frac{d^2\varphi}{dv^2} + \varphi = \frac{\zeta'}{\sqrt[4]{(1+\nu)^3}} R - \frac{\varphi}{1+\nu}\cos H \cdot R + \frac{1}{2}\cdot\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\frac{d\varphi}{dv} + \frac{1}{4}\varphi\frac{d}{dv}\left(\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right) \\ \qquad - \varphi\left\{\frac{1}{8}\frac{\frac{d\eta^2}{dv}}{1-\eta^2}\cdot\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu} - \frac{1}{16}\left(\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}\right)^2\right\} \end{cases}$$

die Glieder von der Form (B) auszuwählen; dabei können wir uns in erster Näherung auf die beiden ersten Glieder beschränken, da die anderen von höherer Ordnung sind, als diese, theilweise in Bezug auf die als Factoren auftretenden Werthe der Excentricitäten, theilweise selbst in Bezug auf die Masse m'. Jedoch werden wir auch von den beiden ersten Gliedern, indem wir nach den Potenzen von ν entwickeln, nur die Theile:

(a)..... $\zeta' R - \varphi\cos H \cdot R$

in Rücksicht ziehen.

Beschränkt man sich auf die elementären Glieder von ζ', so gilt die Gleichung:

$$\zeta' = \sin\iota' \sin(v' - \sigma'),$$

in welcher $\sin\iota'\cos\sigma'$ und $\sin\iota'\sin\sigma'$ elementäre Funktionen mit Argumenten von der Form (A) bedeuten, welche der Theorie für den Planeten m' entnommen werden müssen. Dieselben haben die folgende Form, welche bei dem numerischen Beispiel noch erläutert werden soll:

$$(2)\begin{cases} \sin\iota'\cos(\sigma' - E') = \overline{\tilde{\omega}_1} + \overline{\tilde{\omega}_2}\cos(-\theta'' v + B'' - B') + \overline{\tilde{\omega}_3}\cos(-\theta''' v + B''' - B') \\ \qquad\qquad + \overline{\tilde{\omega}_4}\cos(-\theta^{IV} v + B^{IV} - B'), \\ \sin\iota'\sin(\sigma' - E') = \overline{\tilde{\omega}_2}\sin(-\theta'' v + B'' - B') + \overline{\tilde{\omega}_3}\sin(-\theta''' v + B''' - B') \\ \qquad\qquad + \overline{\tilde{\omega}_4}\sin(-\theta^{IV} v + B^{IV} - B'); \end{cases} \quad (B' = E').$$

Darin bedeuten die $\bar{\omega}$ Constanten von der Grössenordnung der Sinus der Neigungen der Bahnen der grossen Planeten gegen die Fundamentalebene, die Ekliptik, die B constante Winkel und die θ Constanten von der Ordnung der Massen der grossen Planeten.

Nach Analogie der Argumente 2, 3, 4 sollte man in 1 das Zusatzglied $-\theta' v$ erwarten, dieses Glied fällt jedoch weg durch die schon früher erwähnte aus theoretischen Gründen fliessende Nothwendigkeit des Verschwindens eines der θ. Vier Argumente haben wir hier entsprechend den Rechnungen des numerischen Beispiels angesetzt.

Die Glieder des Complexes (a), welche die gesuchte Form haben, sind nach dieser Bemerkung sehr leicht anzusetzen. Es ist:

$$\zeta' \cos(v-v') = \tfrac{1}{2} \sin \iota' \sin(v-\sigma') = \tfrac{1}{2}\bar{\omega}_1 \sin(v-B') + \tfrac{1}{2}\bar{\omega}_2 \sin\left((1+\theta'')\, v - B''\right)$$
$$+ \tfrac{1}{2}\bar{\omega}_3 \sin\left((1+\theta''')\, v - B'''\right) + \tfrac{1}{2}\bar{\omega}_4 \sin\left((1+\theta^{IV})\, v - B^{IV}\right)$$

und dieser Ausdruck ist nach den Entwickelungen des Paragraphen 7 in dem Gliede $\zeta' R$, mit dem Factor $2\,\frac{m'}{m_1}\,R\,(100)_{00}$ behaftet, enthalten. Setzt man ferner:

$$\cos H = \cos(v - v')$$

und für R und $\cos H \cdot R$ die Theile:

$$R = 2\,\frac{m'}{m_1}\,R\,(100)_{00} \cos(v - v')$$

$$\cos H \cdot R = \frac{m'}{m_1}\,R\,(100)_{00},$$

so sind die gesuchten Glieder von φ, soweit die niedrigste Ordnung in Bezug auf die Excentricitäten und die Neigungen in Frage kommt, aus der folgenden Gleichung zu ermitteln:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2\varphi}{dv^2} + \left(1 + \frac{m'}{m_1} R\,(100)_{00}\right) \varphi \\ = \;& \frac{m'}{m_1} R\,(100)_{00} \left\{ \bar{\omega}_1 \sin(v - B') + \bar{\omega}_2 \sin\left((1+\theta'')\, v - B''\right) \right. \\ &\left. + \bar{\omega}_3 \sin\left((1+\theta''')\, v - B'''\right) + \bar{\omega}_4 \sin\left((1+\theta^{IV})\, v - B^{IV}\right) \right\} \end{aligned}\right\} (4)$$

Bestimmt man die Grösse τ, welche danach, wie auch die θ, immer positiv erhalten wird, aus der Gleichung:

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1+\tau)^2 = 1 + \frac{m'}{m_1} R\,(100)_{00},$$

und setzt zur Abkürzung:

$$(6) \quad \begin{cases} \tilde{\omega}_1 = \dfrac{m'}{m_1} R\,(100)_{00} \dfrac{\overline{\tilde{\omega}_1}}{2\tau\left(1+\frac{\tau}{2}\right)} = \overline{\tilde{\omega}_1}, & \tilde{\omega}_2 = \dfrac{m'}{m_1} R(100)_{00} \dfrac{\overline{\tilde{\omega}_2}}{2(\tau-\theta'')\left(1+\frac{\tau+\theta''}{2}\right)}, \\ \tilde{\omega}_3 = \dfrac{m'}{m_1} R(100)_{00} \dfrac{\overline{\tilde{\omega}_3}}{2\,(\tau-\theta''')\left(1+\frac{\tau+\theta'''}{2}\right)}, & \tilde{\omega}_4 = \dfrac{m'}{m_1} R(100)_{00} \dfrac{\overline{\tilde{\omega}_4}}{2\,(\tau-\theta^{\mathrm{IV}})\left(1+\frac{\tau+\theta^{\mathrm{IV}}}{2}\right)}, \end{cases}$$

so wird das Integral der Gleichung (4), indem $\tilde{\omega}$ und E die zwei Integrationsconstanten bedeuten, durch die folgende Formel dargestellt:

$$(7) \quad \begin{cases} \varphi = \tilde{\omega} \sin\left((1+\tau)\,v - E\right) + \tilde{\omega}_1 \sin\,(v - B') + \tilde{\omega}_2 \sin\left((1+\theta'')\,v - B''\right) \\ \qquad\qquad + \tilde{\omega}_3 \sin\left((1+\theta''')\,v - B'''\right) + \tilde{\omega}_4 \sin\left((1+\theta^{\mathrm{IV}})\,v - B^{\mathrm{IV}}\right); \end{cases}$$

oder durch:

$$(8) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \varphi = \sin\iota \sin\left((1+\tau)\,v - \sigma\right),$$

wenn man unter $\sin\iota\cos(\sigma - E)$ und $\sin\iota\sin(\sigma - E)$ die folgenden elementären Funktionen mit Argumenten von der Form (A) versteht:

$$(9) \quad \begin{cases} \sin\iota\cos(\sigma - E) = \tilde{\omega} + \tilde{\omega}_1 \cos\,(\tau v + B' - E) + \tilde{\omega}_2 \cos\left((\tau - \theta'')\,v + B'' - E\right) \\ \qquad\qquad + \tilde{\omega}_3 \cos\left((\tau - \theta''')\,v + B''' - E\right) + \tilde{\omega}_4 \cos\left((\tau - \theta^{\mathrm{IV}})\,v + B^{\mathrm{IV}} - E\right), \\ \sin\iota\sin(\sigma - E) = \tilde{\omega}_1 \sin\,(\tau v + B' - E) + \tilde{\omega}_2 \sin\left((\tau - \theta'')\,v + B'' - E\right) \\ \qquad\qquad + \tilde{\omega}_3 \sin\left((\tau - \theta''')\,v + B''' - E\right) + \tilde{\omega}_4 \sin\left((\tau - \theta^{\mathrm{IV}})\,v + B^{\mathrm{IV}} - E\right). \end{cases}$$

Den Sinus der Breite erhält man vermittelst der Formel:

$$(10) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \zeta = \frac{\varphi}{\sqrt[4]{1+\nu}} = \sin j \sin\left((1+\tau)\,v - \sigma\right),$$

wenn man mit $\sin j$ den Werth:

$$(11) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \sin j = \frac{\sin\iota}{\sqrt[4]{1+\nu}}$$

bezeichnet. Nach der Schlussformel des Paragraphen 4 erhält man dann, bis auf unwesentliche Glieder von der Ordnung der Masse m':

$$l = v + \int\left(\frac{2\cos j}{1+\cos^2 j}\cdot\frac{1}{1+\frac{\sin^2 j}{1+\cos^2 j}\cos 2\left((1+\tau)v-\sigma\right)} - 1\right)dv$$

$$= v - \int 2tg^2\frac{j}{2}\cos 2\left((1+\tau)v-\sigma\right)dv,$$

oder wieder mit Vernachlässigung von Gliedern von der Ordnung der Masse m':

$$l = v - \frac{1}{1+\tau}tg^2\frac{j}{2}\sin 2\left((1+\tau)v-\sigma\right). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Es ist ein für die Form des Sinus der Breite wesentlicher Umstand, dass der Coefficient $\frac{m'}{m_1}R(100)_{00}$ sowohl in die Formel (5) zur Bestimmung von τ, als auch, nach den Formeln (6) bis (10) in die elementären Glieder von ζ eingeht. In diesem Punkte liegt der eigenthümliche Umstand begründet, dass in dem Systeme der grossen Planeten die eine der Grössen θ verschwindet.

23. Nachdem wir die Formeln für die erste Näherung aufgestellt haben, wollen wir einige Bemerkungen über die Bestimmung der Integrationsconstanten aus den Beobachtungen hinzufügen. Wir werden diese Bestimmung ausführen vermittelst der aus den Beobachtungen abzuleitenden Werthe von r, $\frac{dr}{dt}$, v, $\frac{dv}{dt}$, ζ, $\frac{d\zeta}{dt}$. An und für sich würden diese 6 Daten für einen einzigen Ort genügen um die Bestimmung der Integrationsconstanten durchzuführen; doch fällt diese Bestimmung sicherer aus, wenn man die erwähnten 6 Grössen für mehrere und, wie wir annehmen wollen, mindestens für zwei Orte kennt. Die Ermittelung der Integrationsconstanten erfolgt dann auf die folgende Weise; wir finden die Formeln:

$$\rho = \frac{a(1-\eta^2)\sqrt[4]{1+\nu}}{r} - 1, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{k\sqrt{am_1(1-\eta^2)(1+\nu)}}{r^2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Die erste Formel nach v differentiirt, giebt mit Rücksicht auf die zweite Formel:

$$\frac{d\rho}{dv} = -\frac{1}{k}\sqrt{\frac{a(1-\eta^2)}{m_1\sqrt{1+\nu}}}\frac{dr}{dt} - \frac{1+\rho}{1-\eta^2}\frac{d\eta^2}{dv} + \frac{1+\rho}{4}\cdot\frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Indem wir alle Theile von ρ ausser dem Gliede $\varkappa\cos\left((1-\varsigma)v-\Gamma\right)$, mit $f(v)$ bezeichnen, erhalten wir andererseits:

$$(4)\quad \begin{cases} \varrho = \varkappa \cos\left((1-\varsigma)\, v - \Gamma\right) + f(v), \\ \frac{d\varrho}{dv} = -\varkappa (1-\varsigma) \sin\left((1-\varsigma\, v - \Gamma\right) + \frac{df(v)}{dv}. \end{cases}$$

Vergleicht man aber die Relationen (4) mit den Gleichungen (1) und (3), so ergeben sich zur Bestimmung der Integrationsconstanten $\varkappa$ und Γ die folgenden Gleichungen:

$$(5)\quad \begin{cases} \varkappa \cos\Gamma = [A] \cos(1-\varsigma)\, v + [B] \sin(1-\varsigma)\, v, \\ \varkappa \sin\Gamma = [A] \sin(1-\varsigma)\, v - [B] \cos(1-\varsigma)\, v, \\ [A] = \frac{a(1-\eta^2)\sqrt[4]{1+\nu}}{r} - 1 - f(v), \\ [B] = \frac{1}{k}\sqrt{\frac{a(1-\eta^2)}{m_1\sqrt{1+\nu}}} \cdot \frac{1}{1-\varsigma}\frac{dr}{dt} + \frac{1}{1-\varsigma}\frac{df(v)}{dv} + \frac{a\sqrt[4]{1+\nu}}{r} \cdot \frac{1}{1-\varsigma}\frac{d\eta^2}{dv} - \frac{a(1-\eta^2)\sqrt[4]{1+\nu}}{4r} \cdot \frac{1}{1-\varsigma} \cdot \frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}. \end{cases}$$

Die mittlere Bewegung n und die Integrationsconstante Λ bestimmt man besser durch Vergleichung verschiedener Werthe von v für bekannte Zeiten, als vermittelst der Differentialquotienten; man hat dann aus mindestens zwei Gleichungen von der Form:

$$(6)\quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ nt + \Lambda = h(v)$$

die Werthe von n und Λ zu ermitteln. Hat man schliesslich den analytischen Werth von ϱ gefunden, so ist es leicht nach der Formel (2) des Paragraphen 11, nämlich:

$$(7)\quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ \alpha = \frac{-2\Delta\varrho + 3\Delta\left(\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right) - \cdots}{1 + 2\Delta\varrho - 3\Delta\left(\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right) + \cdots}$$

den Werth der Constanten α zu berechnen und die Integrationsconstante a aus der Gleichung (3) desselben Paragraphen, nämlich aus:

$$(8)\quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ \sqrt{a^3} = \frac{k\sqrt{m_1}}{n}(1+\alpha)$$

zu bestimmen. Da wir bei der Berechnung von n auf die Anwendung der Gleichung (9) des Paragraphen 1 verzichtet haben, kann man diese zu einer werthvollen Controle des erlangten Werthes von a benutzen; es muss nämlich sein:

$$\sqrt{a} = \frac{1}{k} \cdot \frac{r^2 \frac{dv}{dt}}{\sqrt{m_1 (1-\eta^2)(1+\nu)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Schliesslich ergeben sich aus den Formeln:

$$\left.\begin{aligned} \varphi &= \sqrt[4]{1+\nu}\ \zeta \\ \frac{d\varphi}{dv} &= \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{\sqrt{a m_1 (1-\eta^2)\sqrt{1+\nu}}}\, r^2 \frac{d\zeta}{dt} + \frac{1}{4}\varphi \frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

einerseits und den Relationen:

$$\left.\begin{aligned} \varphi &= \tilde{\omega} \sin\left((1+\tau)\, v - E\right) + g(v) \\ \frac{d\varphi}{dv} &= \tilde{\omega}\,(1+\tau) \cos\left((1+\tau)\, v - E\right) + \frac{dg(v)}{dv} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

andererseits die folgenden Gleichungen zur Ermittelung der Integrationsconstanten $\tilde{\omega}$ und E:

$$\left.\begin{aligned} \tilde{\omega} \cos E &= [A] \sin(1+\tau)\, v + [B] \cos(1+\tau)\, v, \\ \tilde{\omega} \sin E &= -[A] \cos(1+\tau)\, v + [B] \sin(1+\tau)\, v, \\ [A] &= \sqrt[4]{1+\nu}\ \zeta - g(v), \\ [B] &= \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{\sqrt{a m_1 (1-\eta^2)\sqrt{1+\nu}}} \cdot \frac{1}{1+\tau} \cdot r^2 \frac{d\zeta}{dt} - \frac{1}{1+\tau} \cdot \frac{dg(v)}{dv} + \frac{1}{4} \cdot \frac{\zeta \sqrt[4]{1+\nu}}{1+\tau} \cdot \frac{\frac{d\nu}{dv}}{1+\nu}. \end{aligned}\right\} (12)$$

Mit $g(v)$ ist dabei selbstverständlich der Complex derjenigen Glieder von φ bezeichnet, welche nicht mit den Integrationsconstanten $\tilde{\omega}$ und E behaftet sind.

Die Aufgabe, die Integrationsconstanten nach den angegebenen Gleichungen zu berechnen, ist eine nur durch Näherung zu lösende, indem die Werthe der rechten Seiten der zur Berechnung dienenden Gleichungen selbst wieder von den Werthen der Integrationsconstanten abhängen; beispielsweise schon dadurch, dass die Entwickelungscoefficienten der Störungsfunktion von dem Werthe von a abhängig sind.

24. Die in den letzten Paragraphen gegebenen Entwickelungen genügen zur Berechnung der rechtwinkligen Coordinaten nach den Formeln des Paragraphen 4. Man kann jedoch den Einfluss des Planeten m' auch auf die osculirenden elliptischen Elemente übertragen. Wir wollen nicht unterlassen, die hierzu nöthigen Formeln anzuführen, weil, wie sehr sich die Bahn des Planeten m, wenn gegen die Umlaufszeiten desselben grosse Zeitintervalle in Frage kommen, von einer festen Ellipse unterscheiden mag, die Annahme der Bewegung in

einer Ellipse bei gegen die Umlaufszeit nicht grossen Zeitintervallen vorzügliche Dienste leistet.

Bezeichnet man mit p den Parameter der osculirenden Ellipse, mit e deren Excentricität und mit P die Länge des Perihels, so ist:

$$(1) \quad \frac{p}{r} = 1 + e \cos (v - P).$$

Nach dem Principe der Osculation sind die Werthe der Grössen p, e und P so zu bestimmen, dass die Formel (1) nach v differentiirt werden darf, ohne die genannten Grössen als variabel zu betrachten. Es muss also auch sein:

$$(2) \quad p \frac{d\frac{1}{r}}{dv} = - e \sin (v - P).$$

Die doppelte Flächengeschwindigkeit ist dargestellt durch die Formel (9) des Paragraphen 1 nämlich:

$$r^2 \frac{dv}{dt} = k \sqrt{a m_1 (1 - \eta^2)(1 + \nu)};$$

andererseits soll diese bei der elliptischen Bewegung gleich $k \sqrt{m_1 p}$ sein, sodass:

$$(3) \quad p = a(1 - \eta^2)(1 + \nu)$$

zu setzen ist. Ferner ist:

$$(4) \quad \frac{1}{r} = \frac{1 + \varrho_1 + \varrho_2}{a(1 - \eta^2)\sqrt{1 + \nu}}$$

und daraus:

$$\frac{d\frac{1}{r}}{dv} = \frac{d\frac{1 + \varrho_1 + \varrho_2}{a(1 - \eta^2)\sqrt{1 + \nu}}}{dv}.$$

Beachtet man aber, dass die Differentiale von ϱ_2, η^2 und ν Grössen von der Ordnung der Masse, also unwesentliche Grössen sind, die man wegzulassen sich gestatten darf, so wird:

$$(5) \quad \frac{d\frac{1}{r}}{dv} = \frac{1}{a(1 - \eta^2)\sqrt{1 + \nu}} \frac{d\varrho_1}{dv}.$$

Nach Paragraph 21 ist nun mit für die erste Annäherung genügender Genauigkeit:

$$(6) \quad \nu = - \frac{4}{3} \varrho_2.$$

Entwickelt man also die Gleichungen (4) und (5) nachdem man sie mit dem Werthe (3) von p multiplicirt hat, nach den Potenzen der kleinen Grösse ϱ_2, deren zweite Potenzen vernachlässigt werden sollen, so wird:

$$\frac{p}{r} = 1 + (1-\varrho_2)\,\varrho_1, \quad p\,\frac{d\frac{1}{r}}{dv} = (1-\varrho_2)\,\frac{d\varrho_1}{dv}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Die Vergleichung der Formeln (7) mit den Gleichungen (1) und (2) ergiebt zur Bestimmung von e und P die Relationen:

$$e\cos P = (1-\varrho_2)\left(\varrho_1\cos v - \frac{d\varrho_1}{dv}\sin v\right), \quad e\sin P = (1-\varrho_2)\left(\varrho_1\sin v + \frac{d\varrho_1}{dv}\cos v\right). \quad \ldots(8)$$

Aus der Gleichung (3) folgt mit Rücksicht auf (6) der Werth:

$$p = a\,(1-\eta^2)\left(1 - \tfrac{4}{3}\,\varrho_2\right). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Bezeichnet man mit A die halbe grosse Axe der Ellipse, so ist:

$$p = A\,(1-e^2).$$

Durch Vergleichung dieses Werthes mit der Formel (9) ergiebt sich der Werth von A, nämlich:

$$A = \frac{a(1-\eta^2)}{1-e^2}\left(1 - \tfrac{4}{3}\,\varrho_2\right). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

In der Ellipse ist die mittlere Bewegung N bestimmt durch:

$$N = \frac{k\sqrt{m_1}}{\sqrt{A^3}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

Bezeichnet man mit i die Neigung der osculirenden Bahn gegen die Fundamentalebene, mit σ_0 die Länge des Knotens, so ist der Sinus der Breite dargestellt durch die Formel:

$$\zeta = \sin i \sin (v-\sigma_0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

und nach dem Principe der Osculation ist auch:

$$\frac{d\zeta}{dv} = \sin i \cos (v-\sigma_0) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

Da nun andererseits die Formel:

$$\zeta = \frac{\varphi}{\sqrt[4]{1+\nu}}$$

und mit Vernachlässigung von Gliedern von der Ordnung der Masse m' die Gleichung:

$$\frac{d\zeta}{dv} = \frac{\frac{d\varphi}{dv}}{\sqrt[4]{1+\nu}}$$

oder mit Rücksicht auf (6) mit ausreichender Genauigkeit die Formeln:

$$(14) \ldots\ldots\ldots\ldots \zeta = \left(1 + \tfrac{1}{3}\,\rho_2\right)\varphi\,, \qquad \frac{d\zeta}{dv} = \left(1 + \tfrac{1}{3}\,\rho_2\right)\frac{d\varphi}{dv}$$

bestehen, so ergeben sich aus der Vergleichung dieser Formeln mit (12) und (13) die folgenden Gleichungen zur Bestimmung von i und σ_0:

$$(15)\ \sin i\cos\sigma_0 = \left(1 + \tfrac{1}{3}\,\rho_2\right)\left(\varphi\sin v + \frac{d\varphi}{dv}\cos v\right),\ \sin i\sin\sigma_0 = \left(1 + \tfrac{1}{3}\,\rho_2\right)\left(-\varphi\cos v + \frac{d\varphi}{dv}\sin v\right).$$

Die Länge des Knotens σ_0 ist hierbei jedoch von der beweglichen x-Axe in der Ebene der Bahn des Planeten m gezählt; die von der festen x_1-Axe an in der festen Fundamentalebene gezählte Länge des Knotens Θ erhält man daraus nach der Formel (3) des Paragraphen 8 oder einfacher aus der Gleichung (12) des vorigen Paragraphen mit Berücksichtigung der in Paragraph 8 aufgestellten Bedingung, dass $l = \Theta$ wird für $v = \sigma_0$. Wir haben um danach die Formel für Θ zu erhalten, die Relation zwischen i und σ_0 einerseits und j und σ andererseits aufzustellen.

Nach den Gleichungen (10) des Paragraphen 22 wird bis auf unwesentliche Glieder:

$$\zeta = \sin j\,\sin\left((1+\tau)\,v - \sigma\right), \qquad \frac{d\zeta}{dv} = (1+\tau)\sin j\,\cos\left((1+\tau)\,v - \sigma\right).$$

Vergleicht man diese Relation mit den Gleichungen (12) und (13) so wird:

$$\sin j\,\sin\left((1+\tau)\,v - \sigma\right) = \sin i\,\sin\left(v - \sigma_0\right),$$

$$\sin j\,\cos\left((1+\tau)\,v - \sigma\right) = \frac{1}{1+\tau}\sin i\,\cos\left(v - \sigma_0\right).$$

Lässt man den von der Einheit nur unbedeutend verschiedenen Factor $\frac{1}{1+\tau}$ weg, so wird $j = i$, $\sigma = \sigma_0 + \tau v$. Für $v = \sigma_0$ wird, auch ohne den Factor $\frac{1}{1+\tau}$ zu unterdrücken, $\sigma = (1+\tau)\,\sigma_0$ und folglich verschwindet das Glied $\sin 2\left((1+\tau)\,v - \sigma\right)$ für $v = \sigma_0$ und mit der durch die mitgenommenen Glieder erlangten Genauigkeit ist also:

$$(16) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \Theta = \sigma_0.$$

Zu den Formeln (10) und (11) wollen wir noch eine Bemerkung hinzufügen: Diese Gleichungen enthalten in den rechten Seiten elementäre Glieder von der Form (A) in sofern derartige Glieder in η und e vorkommen. Diese elementären Glieder zerstören sich jedoch — wenigstens in den Fällen nicht strenger Commensurabilität — in dem Ausdrucke für die halbe grosse Axe A und folglich auch in der Formel für die mittlere Bewegung N. Um dieses nachzuweisen, gehen wir von der Gleichung:

$$A = \frac{p}{1-e^2}$$

aus und substituiren den Werth von e^2, welcher sich aus den Gleichungen (1) und (2) dieses Paragraphen ergiebt, nämlich:

$$e^2 = \left(\frac{p}{r} - 1\right)^2 + p^2 \left(\frac{d\frac{1}{r}}{dv}\right)^2.$$

Dann wird:

$$\frac{a}{A} = \frac{a}{p} - \frac{p}{a}\left(\frac{a}{r} - \frac{a}{p}\right)^2 - \frac{p}{a}\left(\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\right)^2$$

und durch Differentiation nach v:

$$\frac{d\frac{a}{A}}{dv} = -\frac{a^2}{r^2}\frac{d\frac{p}{a}}{dv} - 2\frac{p}{a}\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\left(\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2} + \frac{1}{2}\frac{d\log\frac{p}{a}}{dv}\cdot\frac{d\frac{a}{r}}{dv} + \frac{a}{r} - \frac{a}{p}\right). \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

Nun ist nach der Formel (3) dieses Paragraphen:

$$p = a(1-\eta^2)(1+\nu);$$

diese Gleichung ergiebt durch Differentiation nach v für $\frac{d\frac{p}{a}}{dv}$ den Werth:

$$\frac{d\frac{p}{a}}{dv} = -(1+\nu)\frac{d\eta^2}{dv} + (1-\eta^2)\frac{d\nu}{dv},$$

welchem man mit Rücksicht auf die Gleichung (10) des Paragraphen 1 die folgende Gestalt geben kann:

$$\frac{d\frac{p}{a}}{dv} = 2(1-\eta^2)Q, \quad \ldots\ldots\ldots (18)$$

oder:

$$\frac{1}{2}\frac{d\log\frac{p}{a}}{dv} = \frac{Q}{1+\nu}. \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

Die Gleichung (17) kann man mit Rücksicht auf diese Relationen in der folgenden Weise schreiben:

$$\frac{d\frac{a}{A}}{dv} = -2\frac{a^2}{r^2}(1-\eta^2)Q - 2\frac{p}{a}\frac{d\frac{a}{r}}{dv}\left(\frac{d^2\frac{a}{r}}{dv^2} + \frac{Q}{1+\nu}\cdot\frac{d\frac{a}{r}}{dv} + \frac{a}{r} - \frac{1}{(1-\eta^2)(1+\nu)}\right).$$

Nach der Gleichung (11) des Paragraphen 1 ist der in Klammern eingeschlossene Ausdruck gleich $-\frac{P}{(1-\eta^2)(1+\nu)} = -\frac{a}{p}P$, folglich wird:

$$\frac{d\frac{a}{A}}{dv} = -2\frac{a^2}{r^2}(1-\eta^2)Q - 2\frac{a}{r^2}P\frac{dr}{dv},$$

oder mit Beachtung der Gleichungen (8) des Paragraphen 1:

$$(20) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \frac{d\frac{a}{A}}{dv} = -2a\left(\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv}\right).$$

In Paragraph 2 ist aber nachgewiesen, dass der Complex $\frac{\partial\Omega}{\partial v} + \frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv}$ ausser, wenn strenge Commensurabilität stattfindet, Glieder von der Form (A) nur mindestens in das Quadrat der Masse m' multiplicirt enthält; durch die Integration nach v können daher diese Ausdrücke im Werthe von $\frac{a}{A}$ höchstens solche Glieder von der Form (A) erzeugen, welche mindestens in die erste Potenz der Masse multiplicirt sind, also keine elementäre Glieder; q. e. d.

In den Fällen strenger oder auch nur näherungsweiser Commensurabilität werden sich die Glieder der beiden Theile in $\frac{\partial\Omega}{\partial v}$ und $\frac{\partial\Omega}{\partial r}\frac{dr}{dv}$ nicht bis auf eine Grösse von der Ordnung der Masse m' vernichten, sondern nur zu einem mehr oder weniger grossen Theile. In diesen Fällen können also auch A und N mit Gliedern von der Form (A) behaftet sein, deren Grösse sie elementären Gliedern vergleichbar macht.

DRITTES KAPITEL.

Berechnung der ersten Näherung für die Bewegung von Hecuba (108) unter dem Einflusse der Anziehung durch die Sonne und durch Jupiter.

25. Der doppelten mittleren täglichen Bewegung des Jupiter im Betrage von 598″.3 kommen nach der Zusammenstellung des Berliner Jahrbuches für 1887 von den mittleren Bewegungen der 237 dort aufgeführten kleinen Planeten die der folgenden am nächsten[1]):

		Mittlere tägliche Bewegung	Excentricitätswinkel.
Freia	(76)	562″.2	9°46′
Adelinda	(229)	566.4	9 17
Henrietta	(225)	569.0	15 5
Sibylla	(168)	572.6	4 4
Gerda	(122)	614.4	2 29
Hecuba	(108)	616.4	5 53
Bertha	(154)	620.7	4 31
Idunna	(176)	622.2	9 28
Dejopeja	(184)	623.8	3 54
Undina	(92)	624.1	5 50
Byblis	(199)	626.0	9 46
Dione	(106)	629.7	10 12
Aurora	(94)	630.7	4 44
Klymene	(104)	633.4	9 2
Mnemosyne	(57)	635.4	6 45
Dido	(209)	635.7	3 41

1) Beiläufig möge bemerkt werden, dass der Kern der vorstehenden Entwickelungen auch bei der Behandlung des Systemes der Jupitertrabanten verwendbar sein wird, da das Verhältniss der mittleren Bewegungen des zweiten und ersten und des dritten und zweiten Trabanten sehr nahe gleich $\frac{1}{2}$ ist. Die Schwierigkeiten des Problems der Jupitertrabanten, welche freilich durch sehr kleine Excentricitäten und Neigungen stark vermindert werden, sind jedoch durch die vorstehenden Betrachtungen nicht beseitigt; namentlich dürften die, wie es scheint, streng bestehenden Bedingungen $n - 3n' + 2n'' = 0$ und $L - 3L' + 2L'' = 180°$ die Aufstellung ganz besonderer Methoden erheischen.

		Mittlere tägliche Bewegung	Excentricitätswinkel.
Ophelia	(171)	636″.2	6°43′
Euphrosyne	(31)	636.2	12 58
Antiope	(90)	636.6	9 33
Protogeneia	(147)	637.8	1 40
Hygiea	(10)	638.3	6 42
Atala	(152)	639.0	4 59
Philosophia	(227)	639.2	12 10
Themis	(24)	640.2	7 25
Loreley	(165)	640.2	4 7

In dieser Zusammenstellung sind alle kleinen Planeten bis 237 berücksichtigt, für welche, wenn die angegebenen osculirenden mittleren Bewegungen die wirklichen, absoluten mittleren Bewegungen wären, die Grösse δ kleiner als $\frac{1}{15}$ ausfallen würde. Ausserdem sind die Excentricitätswinkel angesetzt, weil von der Grösse der Excentricität der Betrag der grössten von der Anziehung durch Jupiter herrührenden Glieder abhängt. Ganz auffallend ist die grosse Lücke zwischen Sibylla und Gerda, in welcher die doppelte mittlere Bewegung des Jupiter liegt; diese auch bei anderen wichtigen Commensurabilitäten in Bezug auf Jupiter und Saturn in aller Deutlichkeit auftretende Erscheinung[1]) ist, obwohl wie es scheint, vorerst theoretisch nicht erklärbar, sicher kein Spiel des Zufalls. Von den angeführten Planeten scheint die meisten Schwierigkeiten darzubieten: Hecuba (108). Zwar ist die osculirende mittlere Bewegung von Gerda (122) der Commensurabilität näher, als die von Hecuba, doch ist bei dem letzteren Planeten die Excentricität grösser und ausserdem ist nach den folgenden Rechnungen die absolute mittlere Bewegung von Hecuba im Betrage von 613″.7 doch kleiner, wenigstens als die osculirende mittlere Bewegung von Gerda. Die Wahl von Hecuba, um eine Anwendung unserer Entwickelungen zu geben, schien hiernach um so mehr angezeigt, als Herr Gyldén schon in der zweiten seiner Abhandlungen «Undersökningar af theorien för himlakropparnas rörelser» (Bihang till k. svenska vet. akad. handlingar. Band 6, № 16) auf diesen Planeten bezügliche Rechnungen mitgetheilt hat.

Die in den Formeln für die Bewegung des Planeten m vorkommenden sechs Integrationsconstanten haben wir so zu bestimmen, dass für einen bestimmten Werth von v die Werthe r, $\frac{dr}{dt}$, t, $\frac{dv}{dt}$, ζ, $\frac{d\zeta}{dt}$ den Beobachtungen gemäss dargestellt werden. Diese Werthe erhält man aber aus für den gewählten Werth von t osculirenden Ellipsen, indem man die

1) Man vergleiche die vom Verfasser in «Vierteljahrschrift der Astronomischen Gesellschaft» Band 20, Heft 4 gegebene schematische Uebersicht über die Vertheilung der kleinen Planeten nach den mittleren Bewegungen.

Elemente als constant betrachtet. Wenn also schon die zu einem einzigen Werthe von t gehörigen 6 Daten zur Ermittelung der 6 Integrationsconstanten genügen, so ist es praktisch doch vortheilhafter, die Werthe derselben aus den Werthen des Ortes und der Geschwindigkeit in demselben für eine grössere Zahl von Specialwerthen von t zu bestimmen, einestheils weil auf andere Weise als durch Discussion der Zeitintervalle, welche zwischen verschiedenen Längen verflossen sind, die mittlere Bewegung nicht mit Sicherheit abzuleiten ist, sodann aber auch, um den Einfluss der von uns vernachlässigten Glieder auf die Werthe der Integrationsconstanten durch Berechnung der Mittelwerthe derselben für verschiedene Werthe von t möglichst unschädlich zu machen.

Für Hecuba, welche erst 1869 April 2 entdeckt und, wie es scheint, nur bis 1881 Mai 31 beobachtet ist, ist leider das verfügbare Zeitintervall in Anbetracht der mit der Bestimmung der Integrationsconstanten verbundenen Schwierigkeiten, als viel zu klein anzusehen. Es ist namentlich dieser Umstand, welcher mir andere als nur vorläufige Orientirungsrechnungen über Hecuba unräthlich erscheinen liess.

Die zur Ableitung der Oerter und der Geschwindigkeiten gewählten 4 Systeme elliptischer osculirender Elemente, von Herrn Schulhof berechnet, sind die folgenden:

	I	II	III	IV	
t	1869 Apr. 5.5	1875 Fbr. 24.0	1877 Sptbr. 16.5	1878 Nvbr. 17.0	
M	9° 30′ 44″	19° 24′ 2″	180° 57′ 46″	254° 19′ 50″	
P	174 48 36	173 7 16	171 53 35	171 42 39	
$\log A$	0.506966	0.506845	0.506149	0.506287	(1)
$\log e$	9.001693	9.011680	9.012334	9.011615	
N	615″.966	616″.225	617″.707	617″.413	
σ_0	352 4 0	352 0 47	351 53 31	351 53 10	
i	4 24 7	4 23 57	4 23 44	4 23 41	

Die Fundamentalebene ist wie bei den folgenden Rechnungen überhaupt, die feste Ekliptik von 1850 Januar 1., mttl. Zt. Paris, dieselbe, welche Le Verrier bei seinen Rechnungen zu Grunde gelegt hat. Die Zeit t aber ist in mttl. Zt. Berlin angegeben. Das System I ist als wahrscheinlichstes von 5 Systemen in Astr. Nachr. № 1858 mitgetheilt. Das System II ist das des Berliner Jahrbuches von 1878 ab, verbessert um Quantitäten, welche ich einer brieflichen Mittheilung Herrn Schulhof's verdanke. Einem zweiten Briefe Herrn Schulhof's sind die Systeme III und IV entnommen worden. Das erste Elementensystem hat, da es nur aus vier Normalörtern, welche 39 Tage umfassen, abgeleitet ist, an und für sich wenig Gewicht — man vergleiche l. c. die bedeutenden Aenderungen, welche die Elemente erleiden können, ohne die Beobachtung sehr viel schlechter darzustellen — doch ist es wegen Erlangung möglichst bedeutender Zwischenzeiten von grosser Wichtigkeit. In dem Intervalle 1871 bis 1878 hat Herr Schulhof die Störungen

der Hecuba durch Jupiter und Saturn nach speciellen Methoden gerechnet und in diesem Zeitraume liegende 7 Normalörter ausgeglichen, die erste Erscheinung von 1869 aber nicht angeschlossen. Für unsere folgenden Rechnungen ist die dem Systeme I anhaftende Unsicherheit belanglos, da die Grössen r, $\frac{dr}{dt}$, v, $\frac{dv}{dt}$, ζ, $\frac{d\zeta}{dt}$, wie ich mich überzeugt habe selbst aus den extremen zwei Systemen nicht so bedeutend verschieden herauskommen, dass der für die Bestimmung der mittleren Bewegung wesentliche Gewinn an Zwischenzeit merklich verkleinert werden könnte.

Dafür, dass Herr Schulhof mir in so liebenswürdiger Weise gestattet hat, Nutzen aus seinen Rechnungen zu ziehen, erlaube ich mir, ihm meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Aus den Systemen (1) sind die folgenden Werthe abgeleitet:

(2)

	I	II	III	IV
r	0.461841	0.463236	0.548672	0.522096
$\frac{dr}{dt}$	6.292278	6.602751	5.135137 n	6.947937 n
v	— 173° 30′ 38″	196° 57′ 46″	352° 40′ 49″	415° 9′ 19″
$r^2 \frac{dv}{dt}$	8.486866	8.486700	8.486346	8.486422
ζ	8.281425 n	8.509951 n	7.023039	8.835297
$r^2 \frac{d\zeta}{dt}$	7.358053 n	7.328974 n	7.370769	7.023823

Die auf Jupiter bezüglichen Daten entnehmen wir den Rechnungen Leverrier's. Nach den in «Annales de l'observatoire impérial de Paris» Bd. XII mitgetheilten Resultaten findet sich die mittlere Länge des Jupiter für 1877 Sptbr. 16.5 mittl. Zeit Berlin, welche wir in den folgenden Rechnungen als Nullpunkt für die Zeit t eingeführt haben, und bezogen auf die feste Ekliptik von 1850 Januar 1.0 mittl. Zeit Paris gleich 281° 1′ 28″. Obwohl in diesem Werthe nach unseren theoretischen Entwickelungen die elementären Glieder mit Argumenten von der Form (A) inbegriffen sind und dieser Werth folglich nicht die Integrationsconstante Λ' ist, so haben wir doch, in Ermangelung einer anderen Möglichkeit und unter der wahrscheinlichen Annahme, dass die erwähnten Glieder den Werth Leverrier's nur wenig ändern werden, Λ' mit dem angegebenen Werthe identificiren müssen. Der Werth von a' dürfte sich von dem von Leverrier gegebenen Werthe für die halbe grosse Axe der als elliptisch angesehenen Bahn des Jupiter nur ganz unwesentlich unterscheiden; gleiches gilt auch von der mittleren Bewegung n', sodass wir unbedenklich die von Leverrier l. c. angegebenen Resultate annehmen können. Wir haben dann die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{array}{rl} & 1877\ \text{Sptbr. } 16.5 \\ \Lambda' = & 281^\circ\ 1'\ 28'' \\ \log a' = & 0.716237 \\ n' = & 299''.128 \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Die übrigen elliptischen Elemente anzusetzen, hat für unsere Rechnungen keinen Werth, denn statt der Länge des Perihels und der Excentricität müssen wir die durch die Formeln (1) des Paragraphen 18 definirten Reihen ermitteln, statt der Länge des Knotens und der Neigung die analogen, durch die Formeln (2) des Paragraphen 22 bestimmten Entwickelungen. Die von Herrn Gyldén unternommenen, nach einer der unsrigen ganz ähnlichen Theorie ausgeführten, Rechnungen, an denen sich der Verfasser fast ein Jahr lang betheiligt hat, waren Ende des vorigen Jahres in Betreff der hier in Frage kommenden Glieder nicht weit genug gediehen, um die Resultate derselben hier verwenden zu können; nur wäre der Verfasser eventuell im Stande gewesen, bessere Werthe der σ als sie im Folgenden zur Verwendung gekommen sind, anzusetzen. In Ermangelung besserer Werthe der in Frage stehenden Reihen mussten daher die vorläufigen und vielleicht recht ungenauen Resultate angenommen werden, welche Leverrier in der genannten Publication, Bd. II, p. 169 für das System Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun mittheilt.

Die dort gegebenen Reihen gelten für die Funktionen $l^{IV} = e^{IV} \cos \tilde{\omega}^{IV}$, $h^{IV} = e^{IV} \sin \tilde{\omega}^{IV}$, $q^{IV} = tg\,\varphi^{IV} \cos \theta^{IV}$, $p^{IV} = tg\,\varphi^{IV} \sin \theta^{IV}$ und dabei ist e^{IV} die Excentricität, $\tilde{\omega}^{IV}$ die Länge des Perihels, φ^{IV} die Neigung und θ^{IV} die Länge des Knotens für die Jupiterbahn in Bezug auf die feste Ekliptik von 1850 Januar 1.0 mittl. Zeit Paris.

Die numerischen Werthe sind:

$$\left.\begin{array}{rl} e^{IV} \overset{\cos}{\sin} \tilde{\omega}^{IV} = & -\ 0.015509 \overset{\cos}{\sin} (126^\circ\ 37'\ 9'' + 22''.500087\ T) \\ & +\ 0.042675 \overset{\cos}{\sin} (25\ 52\ 23 + 3.780294\ T) \\ & +\ 0.003057 \overset{\cos}{\sin} (97\ 50\ 28 + 2.842232\ T) \\ & +\ 0.000095 \overset{\cos}{\sin} (73\ 22\ 14 + 0.692870\ T) \\ tg\,\varphi^{IV} \overset{\cos}{\sin} \theta^{IV} = & +\ 0.027507 \overset{\cos}{\sin} (106^\circ\ 10'\ 15'') \\ & -\ 0.006306 \overset{\cos}{\sin} (126\ 2\ 20 - 25''.952538\ T) \\ & +\ 0.001159 \overset{\cos}{\sin} (135\ 1\ 7 - 3.106931\ T) \\ & -\ 0.001514 \overset{\cos}{\sin} (201\ 35\ 43 - 0.756015\ T) \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots (4)$$

Die Zeit T, bei Leverrier mit t bezeichnet, ist in Julianischen Jahren auszudrücken und von 1850 Januar 1.0 mittl. Zeit Paris an zu zählen; sie ist also mit unserer in mittlern Tagen ausgedrückten und von 1877 Sptbr. 16.5 mittl. Zeit Berlin ab gezählten Zeit t verbunden durch die Gleichung:

$$T = \frac{t}{365.25} + 27.711.$$

Indem man die periodischen Glieder in der Formel für t weglässt und demgemäss:

$$nt = v - \Lambda$$

setzt, wird:

$$T = \frac{v-\Lambda}{365.25n} + 27.711.$$

Für Λ und n kann man, wenn keine besseren Werthe vorliegen, die osculirende elliptische mittlere Länge zur Epoche und für n die osculirende mittlere Bewegung ansetzen. Mit Hülfe der Werthe des Systemes III würde so erhalten werden:

$$T = \frac{v}{62°679} + 22.08.$$

Mit den bei der letzten Rechnung für die Bewegung in der Bahn zu Grunde gelegten Werthen erhalte ich jedoch:

$$(5^a) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ T = \frac{v}{62°263} + 21.45$$

und mit den Resultaten der letzten Berechnung der Bewegung in der Bahn:

$$(5^b) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ T = \frac{v}{62°261} + 20.78.$$

Beide Werthe (5) sind zur Verwendung gelangt, (5^a) für die Reduction der Gleichungen für $e^{IV} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} \tilde{\omega}^{IV}$ und (5^b) für die der Formeln für $tg\,\varphi^{IV} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} \Theta^{IV}$. Die hierin liegende ganz unbedeutende Ungleichförmigkeit ist natürlich darin bedingt, dass die genauere Formel (5^b) zur Zeit als die transformirten Werthe für $e^{IV} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix} \tilde{\omega}^{IV}$ gebraucht wurden, noch nicht bekannt war.

Wir erhalten mit Hülfe der Gleichungen (5) aus den Formeln (4) die folgenden Reihen:

$$\left.\begin{aligned} e^{IV} \overset{\cos}{\sin} \tilde{\omega}^{IV} = {} & + 0.042675 \overset{\cos}{\sin} (25^\circ\ 53'.7 + (5.22700)\, v) \\ & + 0.015509 \overset{\cos}{\sin} (306\ \ 45.2 + (6.00165)\, v) \\ & + 0.003057 \overset{\cos}{\sin} (97\ \ 51.5 + (5.10313)\, v) \\ & + 0.000095 \overset{\cos}{\sin} (73\ \ 22.5 + (4.49012)\, v) \\ tg\, \varphi^{IV} \overset{\cos}{\sin} \theta^{IV} = {} & + 0.027507 \overset{\cos}{\sin} (106^\circ\ 10'.2) \\ & + 0.006306 \overset{\cos}{\sin} (305\ \ 53.3 - (6.06366)\, v) \\ & + 0.001514 \overset{\cos}{\sin} (21\ \ 35.5 - (4.52801)\, v) \\ & + 0.001159 \overset{\cos}{\sin} (135\ \ \ 0.1 - (5.14181)\, v) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Die letzte Doppelgleichung ergiebt, mit für unsere Zwecke ausreichender Genauigkeit, indem man sie mit dem constanten Theile von:

$$\cos \varphi^{IV} = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \varphi^{IV} \cos^2 \theta^{IV} + tg^2 \varphi^{IV} \sin^2 \theta^{IV}}}$$

multiplicirt, die Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \sin \varphi^{IV} \overset{\cos}{\sin} \theta^{IV} = {} & + 0.027496 \overset{\cos}{\sin} (106^\circ\ 10'.2) \\ & + 0.006303 \overset{\cos}{\sin} (305\ \ 53.3 - (6.06366)\, v) \\ & + 0.001513 \overset{\cos}{\sin} (21\ \ 35.5 - (4.52801)\, v) \\ & + 0.001159 \overset{\cos}{\sin} (135\ \ \ 0.1 - (5.14181)\, v) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (6^b)$$

Stellt man diese Formeln zusammen, mit den in Paragraph 18 Formel (1) und in Paragraph 22 Formel (2) angeführten Entwickelungen, denen man leicht die folgende Gestalt geben kann[1]):

$$\begin{aligned} \eta' \overset{\cos}{\sin} (\pi' + \sigma' v) = {} & \bar{\varkappa}_1 \overset{\cos}{\sin} (A' + \sigma' v) + \bar{\varkappa}_2 \overset{\cos}{\sin} (A'' + \sigma'' v) \\ & + \bar{\varkappa}_3 \overset{\cos}{\sin} (A''' + \sigma''' v) + \bar{\varkappa}_4 \overset{\cos}{\sin} (A^{IV} + \sigma^{IV} v) \\ \sin \iota' \overset{\cos}{\sin} \sigma' = {} & \bar{\tilde{\omega}}_1 \overset{\cos}{\sin} B' + \bar{\tilde{\omega}}_2 \overset{\cos}{\sin} (B'' - \theta'' v) \\ & + \bar{\tilde{\omega}}_3 \overset{\cos}{\sin} (B''' - \theta''' v) + \bar{\tilde{\omega}}_4 \overset{\cos}{\sin} (B^{IV} - \theta^{IV} v), \end{aligned}$$

1) Dass der Buchstabe σ' in den folgenden Formeln in zweierlei Bedeutung vorkommt, einmal als constanter Factor von v und sodann als variabele Länge des Knotens, ist wohl nicht störend.

so sieht man bei der im Wesentlichen gleichen Bedeutung der Leverrier'schen Funktionen $e^{IV}\,{}^{\cos}_{\sin}\,\bar{\omega}^{IV}$ und $\sin\varphi^{IV}\,{}^{\cos}_{\sin}\,\theta^{IV}$ mit unseren Funktionen $\eta'\,{}^{\cos}_{\sin}\,(\pi'+\sigma' v)$ und $\sin\iota'\,{}^{\cos}_{\sin}\,\sigma'$, dass man die folgenden Werthe annehmen darf:

$$(7)\ldots\left\{\begin{array}{llll}
\log\bar{\varkappa}_1 = 8.63017, & A' = \Gamma' = 25^\circ\,53'.7, & \sigma' = \mu\varsigma' = & 5.22700,\\
\bar{\varkappa}_2 = 8.19058, & A'' = 306\;\;45.2, & \sigma'' = & 6.00165,\\
\bar{\varkappa}_3 = 7.48530, & A''' = 97\;\;51.5, & \sigma''' = & 5.10313,\\
\bar{\varkappa}_4 = 5.97772, & A^{IV} = 73\;\;22.5, & \sigma^{IV} = & 4.49016;\\
\log\bar{\bar{\omega}}_1 = 8.43927, & B' = E' = 106\;\;10.2, & & \\
\bar{\bar{\omega}}_2 = 7.79958, & B'' = 305\;\;53.3, & \theta'' = & 6.06366,\\
\bar{\bar{\omega}}_3 = 7.17996, & B''' = 21\;\;35.5, & \theta''' = & 4.52801,\\
\bar{\bar{\omega}}_4 = 7.06391, & B^{IV} = 135\;\;0.1, & \theta^{IV} = & 5.14181.
\end{array}\right.$$

Indem wir diese Werthe adoptiren, sehen wir jedoch conform der Annahme des Paragraphen 18 von der Berücksichtigung des mit $\bar{\varkappa}_4$ multiplicirten Gliedes, wegen der Kleinheit dieses Coefficienten, ab. Die Grösse $\frac{m'}{m_1}$ wurde gleich $\frac{1}{1050}$ angenommen.

26. Unsere nächste Aufgabe ist nun, die Berechnung der Coefficienten p nach den Formeln des Paragraphen 6 durchzuführen. Wir brauchen zu diesem Zwecke den Werth der Integrationsconstante a; da aber dieser vorerst nicht bekannt ist, so wurden zwei Werthe von a angenommen, zwischen welchen vermuthlich der wahre Werth von a enthalten war; und zwar wurden diese zwei Werthe von a so nahe bei einander gewählt, dass eine lineare Interpolation der damit berechneten Coefficienten der Entwickelung der Störungsfunktion ganz unbedenklich erschien. In Betreff des einen Werthes von a lag keine Veranlassung vor, von dem von Herrn Gyldén in seiner oben citirten Abhandlung gewählten Werthe:

$$\log a_1 = 0.5067768\,,\ \text{daraus}\ \log\alpha = 9.7905397,$$

abzuweichen, um so weniger als dadurch die Berechnung der zugehörigen Werthe der β erspart wurde.

Für den zweiten Werth wurde angenommen:

$$\log a_2 = 0.5082701\,,\ \text{daraus}\ \log\alpha = 9.7920330.$$

Die auf diesen zweiten Werth bezügliche Bestimmung der β soll wegen der Anordnung der Rechnung mitgetheilt werden.

Zuerst wurde die Funktion:

$$\beta_0^{(1)} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dH}{\sqrt{\cos^2 H + (1-\alpha^2)\sin^2 H}}$$

durch das arithmetisch-geometrische Mittel μ der Zahlen 1 und $\sqrt{1-\alpha^2} = 9.8948730$, welches gleich (9.9490245) gefunden wurde, nach der Formel:

$$\beta_0^{(1)} = \frac{1}{\mu}$$

bestimmt. Es wird also $\log \beta_0^{(1)} = 0.0509755$. Dann wurden nach den Formeln (a) die Werthe λ_n und f_n für $n = 0$ bis $n = 14$ ermittelt, es fand sich:

$n =$	$\log \lambda_n$	$\log f_n$
0	9.5579075	9.3530936
1	9.7339988	9.3196697
2	9.7797562	9.3108957
3	9.8009455	9.3073360
4	9.8131800	9.3055452
5	9.8211490	9.3045186
6	9.8267529	9.3038756
7	9.8309088	9.3034463
8	9.8341139	9.3031457
9	9.8366611	9.3029269
10	9.8387341	9.3027627
11	9.8404541	9.3026365
12	9.8419042	9.3025373
13	9.8431433	9.3024577
14	9.8442142	9.3023931

Mit den angegebenen Werthen der f_n erhält man nach der Formel (b) den Werth des Kettenbruches ϑ_n; die einzelnen Näherungswerthe sind für den höchsten Werth ϑ_{10} die folgenden:

	$\log \vartheta_{10}$		$\log \vartheta_{10}$		$\log \vartheta_{10}$		$\log \vartheta_{10}$
1)	0.0000000	5)	0.1392615	9)	0.1414828	13)	0.1415308
2)	0.0973443	6)	0.1406621	10)	0.1415131	14)	0.1415315
3)	0.1256529	7)	0.1411981	11)	0.1415247	15)	0.1415318
4)	0.1355732	8)	0.1414038	12)	0.1415291	16)	0.1415319.

Der letzte Werth wurde angenommen. Die Formel (c) ergiebt dann:

$$\begin{aligned} \log \vartheta_9 &= 0.1416223 & \log \vartheta_4 &= 0.1430015 \\ \vartheta_8 &= 0.1417416 & \vartheta_3 &= 0.1439103 \\ \vartheta_7 &= 0.1419037 & \vartheta_2 &= 0.1456785 \\ \vartheta_6 &= 0.1421325 & \vartheta_1 &= 0.1499524 \\ \vartheta_5 &= 0.1424705 & \vartheta_0 &= 0.1665045. \end{aligned}$$

Weiter wird nach der Formel (e):

$$\begin{aligned} \log p_0 &= 9.7244120 & \log p_5 &= 9.9636195 \\ p_1 &= 9.8839512 & p_6 &= 9.9688854 \\ p_2 &= 9.9254347 & p_7 &= 9.9728125 \\ p_3 &= 9.9448558 & p_8 &= 9.9758555 \\ p_4 &= 9.9561815 & p_9 &= 9.9782834 \end{aligned}$$

$$\log p_{10} = 9.9802660.$$

Endlich erhält man nach der Formel (d) die folgenden Werthe:

$$\begin{aligned} \log \beta_1^{(1)} &= 9.7753875 & \log \beta_6^{(1)} &= 9.4494302 \\ \beta_2^{(1)} &= 9.6593387 & \beta_7^{(1)} &= 9.4183156 \\ \beta_3^{(1)} &= 9.5847734 & \beta_8^{(1)} &= 9.3911281 \\ \beta_4^{(1)} &= 9.5296292 & \beta_9^{(1)} &= 9.3669836 \\ \beta_5^{(1)} &= 9.4858107 & \beta_{10}^{(1)} &= 9.3452670 \end{aligned}$$

$$\log \beta_{11}^{(1)} = 9.3255330.$$

Nun wurden zunächst die Werthe von $\beta_{11}^{(3)}$, $\beta_{11}^{(5)}$, $\beta_{11}^{(7)}$, (über den oberen Index 7 gehen die folgenden Rechnungen nicht) durch mechanische Quadratur in der in Paragraph 6 angedeuteten Weise bestimmt. Zur Controle wurde auf gleiche Weise auch der Werth von $\beta_{11}^{(1)}$ nochmals ermittelt. Um die Einfachheit der Rechnung vor Augen zu führen, möge die Berechnung von $\beta_{11}^{(7)}$ angesetzt werden (die den Argumenten 0° bis 25° entsprechenden Specialwerthe der zu integrirenden Funktion geben in allen 4 Fällen noch keine Einheit der 7. Decimale):

$\varepsilon \frac{\sin^{22} H}{\sqrt{(1-\alpha^2 \sin^2 H)^7}}$, $\left(\begin{array}{l} \varepsilon = \frac{1}{2} \text{ für } H = 0 \text{ und } H = 90^\circ \\ = 1 \text{ für alle anderen Werthe von } H \end{array}\right)$.

$H =$ 30°	0.0000003	
35		0.0000078
40	1096	
45		10292
50	69412	
55		352049
60	1385536	
65		4321580
70	1.0831571	
75		2.2005366
80	3.6420267	
85		4.9236568
90	2.7218175	
Summen	7.5926060	7.5925933
log	0.8803908	0.8803901
log Factor	9.0457575	
$\log \beta_{11}^{(7)}$	9.9261483	9.9261476
	9.9261480	

Die Reihenentwickelung giebt bei Berücksichtigung von 15 Gliedern, deren umständliche Berechnung mich mehr als den Raum eines Quartblattes gekostet hat, den Werth:

$$\log \beta_{11}^{(7)} = 9.9261478,$$

welcher sicher weniger zuverlässig ist, als der mit 13 Gliedern durch eine höchst einfache Rechnung vermittelst der mechanischen Quadratur abgeleitete.

Die übrigen durch mechanische Quadratur erhaltenen Werthe sind:

$$\log \beta_{11}^{(1)} = 9.3255331$$
$$\beta_{11}^{(3)} = 9.5253356$$
$$\beta_{11}^{(5)} = 9.7255496.$$

Der erste Werth weicht von dem schon früher erhaltenen um nur eine Einheit der letzten Decimale ab. Die weitere Bestimmung der β gestaltet sich nun leicht, unter Anwendung der Formel (f) folgt danach $\beta_{10}^{(3)}$ aus $\beta_{10}^{(1)}$ und $\beta_{11}^{(3)}$, aus $\beta_9^{(1)}$ und $\beta_{10}^{(3)}$ ergiebt sich $\beta_9^{(3)}$ etc. Die ganze noch nöthige Rechnung füllt noch nicht den Raum eines Quartblattes. Es wurde gefunden:

$$\log \beta_0^{(3)} = 0.1624374 \qquad \log \beta_5^{(3)} = 9.6762747$$
$$\beta_1^{(3)} = 9.9331739 \qquad \beta_6^{(3)} = 9.6424803$$
$$\beta_2^{(3)} = 9.8328860 \qquad \beta_7^{(3)} = 9.6133448$$
$$\beta_3^{(3)} = 9.7665657 \qquad \beta_8^{(3)} = 9.5877227$$
$$\beta_4^{(3)} = 9.7165608 \qquad \beta_9^{(3)} = 9.5648483$$
$$\log \beta_{10}^{(3)} = 9.5441836.$$

$$\log \beta_0^{(5)} = 0.286299 \qquad \log \beta_5^{(5)} = 9.868015$$
$$\beta_1^{(5)} = 0.096925 \qquad \beta_6^{(5)} = 9.836532$$
$$\beta_2^{(5)} = 0.009951 \qquad \beta_7^{(5)} = 9.809182$$
$$\beta_3^{(5)} = 9.950705 \qquad \beta_8^{(5)} = 9.784984$$
$$\beta_4^{(5)} = 9.905180 \qquad \beta_9^{(5)} = 9.763273$$
$$\log \beta_{10}^{(5)} = 9.743577$$

$$\log \beta_0^{(7)} = 0.42180 \qquad \log \beta_5^{(7)} = 0.06092$$
$$\beta_1^{(7)} = 0.26590 \qquad \beta_6^{(7)} = 0.03150$$
$$\beta_2^{(7)} = 0.19011 \qquad \beta_7^{(7)} = 0.00576$$
$$\beta_3^{(7)} = 0.13693 \qquad \beta_8^{(7)} = 9.98286$$
$$\beta_4^{(7)} = 0.09532 \qquad \beta_9^{(7)} = 9.96222$$
$$\log \beta_{10}^{(7)} = 9.94342.$$

Unter Anwendung der Formel (7) des Paragraphen 6 erhält man aus den berechneten Werthen der β die Werthe der γ. Die Resultate der einfachen Multiplicationen sind für die niedrigsten γ in die rechte Hälfte der folgenden Tafel aufgenommen worden, welche in der linken Hälfte die von Herrn Gyldén mitgetheilten Werthe (der Werth von $\log \beta_0^{(8)}$ muss um plus eine Einheit der dritten Decimale corrigirt werden) enthält:

(8)

	$\log a = 0.5067768$				$\log a = 0.5082701$			
n	$\log \gamma_0^{1n}$	γ_1^{1n}	γ_2^{1n}	γ_3^{1n}	γ_0^{1n}	γ_1^{1n}	γ_2^{1n}	γ_3^{1n}
0	9.841080	9.001722	8.532863	8.15992	9.843008	9.008243	8.544147	8.17601
1	9.355816	8.691772	8.263998	7.90872	9.359453	8.699988	8.276934	7.92643
2	9.030227	8.415880	8.008910	7.66477	9.035438	8.425701	8.023442	7.68407
3	8.746159	8.156344	7.762212	7.42583	8.752905	8.167729	7.778310	7.44668
4	8.481528	7.906548	7.521212	7.19058	8.489794	7.919476	7.538860	7.21297
5	8.228230	7.663257	7.284359	6.95817	8.238009	7.677714	7.303543	6.98211

In unsere Formeln für die erste Näherung gehen nur die folgenden Coefficienten ein: $P(000)_{00}$, $P(010)_{00}$, $P(100)_{00}$, $P(101)_{00}$, $P(200)_{00}$; $Q(100)_{00}$, $Q(110)_{00}$, $Q(101)_{00}$, $Q(111)_{00}$, $Q(200)_{00}$, $Q(210)_{00}$; $R(100)_{00}$. Diese erhält man leicht nach den in den Paragraphen 6 und 7 angegebenen Formeln. Wir fanden:

$$
\begin{array}{rll}
\log a = 0.5067768 & \log a = 0.5082701 & \\
\log P(000)_{00} = 9.30275 & 9.30927 & \\
P(010)_{00} = 9.94213\ n & 9.95014\ n & \\
P(100)_{00} = 9.12930 & 9.13720 & \\
P(101)_{00} = 9.85208 & 9.86116 & \\
P(200)_{00} = 9.42574 & 9.43185 & \\
Q(100)_{00} = 8.56019 & 8.56723 & \} \ldots\ldots\ldots (9) \\
Q(110)_{00} = 9.31665\ n & 9.32425\ n & \\
Q(101)_{00} = 9.23300 & 9.24072 & \\
Q(111)_{00} = 0.02257\ n & 0.03121\ n & \\
Q(200)_{00} = 9.03023 & 9.03544 & \\
Q(210)_{00} = 9.68209\ n & 9.68780\ n & \\
R(100)_{00} = 9.94213 & 9.95015 &
\end{array}
$$

27. Aus den im Paragraphen 25 mitgetheilten numerischen Daten sind die Integrationsconstanten nach den Formeln des Paragraphen 23 zu ermitteln. Diese Bestimmung der Integrationsconstanten ist, wie schon bemerkt, nur durch Näherung ausführbar; in der ersten Näherung würde man die entsprechenden osculirenden elliptischen Elemente zur Berechnung der hauptsächlichsten von der Anziehung durch Jupiter herrührenden Glieder zu benutzen haben, würde damit durch Vergleichung mit den Beobachtungen vorläufige Werthe der Integrationsconstanten erhalten, mit diesen wieder die hauptsächlichsten Glieder, welche durch die Anziehung des Jupiter erzeugt werden, ermitteln, verbesserte Werthe der Integrationsconstanten aus den Beobachtungen ableiten u. s. w. Es kann nun um so weniger der Absicht des Verfassers entsprechen, die für Hecuba ausgeführten Näherungsrechnungen in extenso mitzutheilen, als die verschiedenen Rechnungen öfter Veränderungen in der Theorie wünschenswerth erscheinen liessen und die verschiedenen Näherungsrechnungen somit nicht homogen sind. Es erscheint für eine Darlegung, wie die theoretischen Entwickelungen zu verwenden seien, völlig ausreichend neben Bemerkungen, wie man bei der ersten Näherung zu verfahren hat, die Resultate der letzten Näherung, soweit sie zum Ueberblicke über die Rechnung nöthig sind, darzulegen.

Bei der Ermittelung der Integrationsconstanten wurden unwesentliche Glieder von der Ordnung der Masse m', so die Glieder, welche $\frac{d\eta^2}{dv}$ und $\frac{dv}{dv}$ als Factoren enthalten, unbeachtet gelassen.

Um aus den Beobachtungen die Integrationsconstanten $\varkappa$ und Γ zu bestimmen, muss man genäherte Werthe der folgenden theils constanten, theils variabelen Grössen für jeden

zur Verwendung kommenden Werth von v kennen: $\varkappa$, Γ, a, μ, δ, ς, $\mathfrak{a}$, β_0, k_1, $\mathfrak{z}_0$, $\mathfrak{z}_1$, $\mathfrak{z}_2$, $\mathfrak{z}_3$, η, π, $2\frac{\pi}{2K}G$, $2\mathfrak{T}$, η', π'. Für die erste Näherungsrechnung muss $\varkappa = \eta =$ der osculirenden Excentricität, $\Gamma = \pi =$ der osculirenden Länge des Perihels, a gleich der osculirenden halben grossen Axe, $\mu = \frac{n'}{n}$ gesetzt werden, indem man für n den osculirenden Werth der mittleren Bewegung annimmt. Mit μ ist auch $\delta = 1-2\mu$ bekannt. Die Grösse ς ist in erster Näherung gleich Null zu setzen, und für $\mathfrak{a}$ erhält man einen vorläufigen Werth durch die Gleichung:

(a) ..... $\mathfrak{a} = \left(\frac{\delta+\varsigma}{2}\right)^2$,

welche sich leicht aus Gleichung (27) des Paragraphen 16 mit Rücksicht auf die Gleichung (25) des Paragraphen 18 ergiebt.

Nach Formel (8) des Paragraphen 18 ist:

(b) ..... $\beta_0 = \left(2\mu\gamma_1 - \frac{3}{2}\mu\frac{\gamma_0}{1-\varsigma}\right)\frac{\varkappa}{\mathfrak{a}}$.

Vernachlässigt man unwesentliche Glieder, so ist μ_0 mit β_0 zu identificiren und derselbe Werth kann für $\frac{1}{\nu_0}$ angesetzt werden. Man erhält dann erstens den constanten Theil λ_0 von k_1, welchen man in erster Näherung für k_1 zu setzen hat durch die Gleichung (Gl. (23) des Paragraphen 18):

(c) ..... $\lambda_0 - \frac{\mu_0}{2}\lambda_0^2 = \frac{\mu_0}{2}$

und sodann den Werth von $\mathfrak{z}_0$ nach der Formel (17) des Paragraphen 18 in erster Näherung vermittelst:

(d) ..... $\mathfrak{z}_0 = 2\lambda_0\nu_0$.

Es reicht übrigens für die erste Näherung völlig aus, $\lambda_0 = \frac{\mu_0}{2} = \frac{\beta_0}{2}$ und in Folge dessen $\mathfrak{z}_0 = 1$ zu setzen; um so mehr, als die Grössen $\mathfrak{z}_1$, $\mathfrak{z}_2$, $\mathfrak{z}_3$, in erster Näherung gleich Null gesetzt werden müssen.

Nach der Gleichung (9) des Paragraphen 21 ist offenbar:

$$L = \frac{1}{\mu}\frac{\pi}{2K}G - \frac{\Delta + \frac{\Gamma}{2}}{\mu} + \Lambda$$

näherungsweise mit dem osculirenden Werthe der Epoche der mittleren Länge übereinstimmend; da nun $\Delta = \mu\Lambda - \Lambda'$ ist, so erhält man:

(e) ..... $2\frac{\pi}{2K}G = 2\mu L - 2\Lambda' + \Gamma$.

Der Winkel $2\mathfrak{F}$ muss in erster Näherung gleich Null gesetzt werden, während man schliesslich nach den numerischen Daten in Paragraph 25 die Grössen η' und π' ermitteln kann.

Wenn man beispielsweise die osculirenden elliptischen Elemente für $t = 0$, d. h. das System III benutzt, erhält man vorerst mit dem Werthe $\log a = 0.506149$ durch Extrapolation:

$$\log P(200)_{00} = 9.42381 \qquad \log Q(200)_{00} = 9.02804 \qquad \log Q(210)_{00} = 9.67969\,n,$$

und hieraus und mit Hülfe des aus dem Systeme III folgenden Werthes:

$$\log \mu = 9.68508$$
$$\log (\delta = 1-2\mu) = 8.49799$$

nach den Formeln (6) des Paragraphen 12 und (9) des Paragraphen 13:

$$\log \gamma_0 = 7.11592 \qquad \log \gamma_1 = 7.29156.$$

Der Werth von ς ist dabei als gleich Null betrachtet worden.

Da nun mit Vernachlässigung von ς aus (a):

$$\log \mathfrak{a} = 6.39392$$

erhalten wird, so ergiebt sich aus (b) mit

$$\log \varkappa = 9.01233$$

der Werth: $$\log \beta_0 = 9.59460.$$

Damit folgt aus (c): $\log k_1 = \log \lambda_0 = 9.31144$

und aus (d): $$\log \mathfrak{z}_0 = 0.01787.$$

Schliesslich ergiebt sich aus (e), da der Werth:

$$\Gamma = 171^\circ\ 53'.6,$$

anzunehmen ist:

$$2\,\frac{\pi}{2K}\,G = -\,48^\circ\ 24'.4.$$

Wir begnügen uns mit diesen Bemerkungen und gehen nun zur Auseinandersetzung der letzten Näherung über. Derselben liegen die folgenden Werthe zu Grunde:

$$
(1)\ldots\ldots\ldots
\begin{cases}
\log \varkappa = 9.01500 & \pi \begin{cases} = 162^\circ\ 36'.4 \\ = 162\ 44.9 \\ = 162\ 48.5 \\ = 162\ 49.9 \end{cases} \\
\Gamma = 169^\circ\ 27'.7 & \\
\log a = 0.50768 & \\
\log \mu = 9.68793 & \\
\log \delta = 8.39952 & 2\frac{\pi}{2K} G \begin{cases} = -\ 39\ 6.3 \\ = -\ 39\ 24.3 \\ = -\ 39\ 32.3 \\ = -\ 39\ 35.3 \end{cases} \\
\log \varsigma = 7.11876 & \\
\log \alpha = 6.29080 & \\
\log \beta_0 = 9.70950 & \\
\log k_1 = 9.44400 & 2\vartheta \begin{cases} = -\ 2\ 2.0 \\ = -\ 1\ 59.0 \\ = -\ 1\ 58.0 \\ = -\ 1\ 57.0 \end{cases} \\
\log \lambda_0 = 0.03700 & \\
\log \lambda_1 = 8.80170\,n & \\
\log \lambda_2 = 8.38500\,n & \\
\log \lambda_3 = 7.65500\,n & \\
\log \eta \begin{cases} = 8.91400 \\ = 8.91310 \\ = 8.91280 \\ = 8.91270 \end{cases} & \log \eta' = 8.68190 \\
 & \pi' = 10^\circ\ 57'.0 \\
 & \log \mu\varsigma' = 5.22700.
\end{cases}
$$

Man erkennt aus dem Werthe von k_1, dass für Hecuba nur genäherte, nicht strenge Commensurabilität stattfindet. Wo vier Werthe für variabele Grössen angegeben sind, entsprechen diese den vier Werthsystemen I, II, III, IV; k_1, η' und π' sind für alle vier Systeme nur unwesentlich verschieden und hier vorerst als constant angesehen worden.

Mit dem angegebenen Werthe von $\log a$ als Argument sind der Tafel (9) des vorigen Paragraphen die folgenden Werthe durch Interpolation entnommen:

$$
(2)\quad
\begin{cases}
\log P(000)_{00} = 9.30669 & \log Q(100)_{00} = 8.56444 & \log R(100)_{00} = 9.94697 \\
P(010)_{00} = 9.94697\,n & Q(110)_{00} = 9.32124\,n & \\
P(100)_{00} = 9.13407 & Q(101)_{00} = 9.23766 & \\
P(101)_{00} = 9.85756 & Q(111)_{00} = 0.02779\,n & \\
P(200)_{00} = 9.42943 & Q(200)_{00} = 9.03338 & \\
 & Q(210)_{00} = 9.68554\,n. &
\end{cases}
$$

Damit erhält man dann nach den Formeln:

$$\gamma_0 = 2\frac{m'}{m_1}P(200)_{00} = 8\frac{m'}{m_1}\cdot\frac{1+\frac{1}{2}\delta+\frac{1}{4}\delta^2}{1+\delta}Q(200)_{00},$$

$$\gamma_1 = \frac{m'}{m_1}\left(\frac{12\mu\,Q(200)_{00}}{1-\varsigma} - 3Q(210)_{00}\right),$$

$$\gamma_2 = -\frac{m'}{m_1}\left(\frac{3Q(100)_{00}}{1-\varsigma'} + \frac{3}{2}Q(101)_{00}\right),$$

$$\gamma_4 = \frac{m'}{m_1}\left(-\frac{3}{2}\frac{Q(110)_{00}}{1-\varsigma'} - \frac{3}{2}\frac{\mu\,Q(101)_{00}}{1-\varsigma} + \frac{3}{4}Q(111)_{00}\right),$$

$$\gamma_5 = \frac{m'}{m_1}\left(-2\frac{P(100)_{00}}{1-\varsigma'} + P(101)_{00}\right)$$
$$+ \frac{m'}{m_1}\left(-\frac{4-2\mu\varsigma'+\mu^2\varsigma'^2}{(1-\varsigma')(1-\mu\varsigma')}Q(100)_{00} + \frac{4-2\mu\varsigma'+\mu^2\varsigma'^2}{2(1-\mu\varsigma')}Q(101)_{00}\right).$$

$$\gamma_6 = -\frac{1}{2}\frac{\mu\gamma_0\gamma_1}{a} + \frac{3}{8}\frac{\mu\gamma_0^2}{a(1-\varsigma)},$$

$$\gamma_7 = -\frac{1}{2}\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{a},$$

$$\gamma_8 = \frac{m'}{m_1}P(010)_{00},$$

$$\gamma_9 = -\frac{m'}{m_1}P(000)_{00}.$$

Die folgenden Werthe:

$$\left.\begin{array}{rr} \log\gamma_0 = 7.12215 & \log\gamma_6 = 7.21498\,n \\ \gamma_1 = 7.29829 & \gamma_7 = 6.76445 \\ \gamma_2 = 6.54621\,n & \gamma_8 = 6.92578\,n \\ \gamma_4 = 6.76542\,n & \gamma_9 = \varkappa_0 = 6.28550\,n \\ \gamma_5 = 6.78971 & \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Der Werth von ς ist aus der Gleichung:

$$(1-\varsigma)^2 = 1 + \gamma_8 + \gamma_6\lambda_0$$

zu bestimmen; es wird:

$$\log\varsigma = 7.11909 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Ferner ist:

$$\log(\gamma_5 + \gamma_7\lambda_0) = 7.09665.$$

Dann werden nach den Formeln:

$$\overline{\varkappa_1}\,(\gamma_5 + \gamma_7 \vartheta_0) = \varkappa',$$
$$\overline{\varkappa_2}\,(\gamma_5 + \gamma_7 \vartheta_0) = \varkappa'',$$
$$\overline{\varkappa_3}\,(\gamma_5 + \gamma_7 \vartheta_0) = \varkappa''',$$

die folgenden Werthe erhalten:

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \begin{cases} \log \varkappa' = 5.72682 \\ \varkappa'' = 5.28723 \\ \varkappa''' = 4.58195. \end{cases}$$

Mit dem Werthe von ς und den Werthen der σ, welche unter (7) des Paragraphen 25 mitgetheilt sind, findet sich:

$$(6) \quad \begin{cases} \log(\varsigma - \sigma') = 7.11349 & \log\left(1 - \frac{\varsigma+\sigma'}{2}\right) = 9.99971 & \log\left(1 - \frac{3\varsigma-\sigma'}{2}\right) = 9.99915 \\ (\varsigma - \sigma'') = 7.08462 & \left(1 - \frac{\varsigma+\sigma''}{2}\right) = 9.99969 & \left(1 - \frac{3\varsigma-\sigma''}{2}\right) = 9.99916 \\ (\varsigma - \sigma''') = 7.11488 & \left(1 - \frac{\varsigma+\sigma'''}{2}\right) = 9.99971 & \left(1 - \frac{3\varsigma-\sigma'''}{2}\right) = 9.99915 \\ & \log(\sigma'' - \sigma') = 5.92177 & \\ & (\sigma''' - \sigma') = 4.62172\,n & \\ & (\sigma''' - \sigma'') = 5.94300\,n. & \end{cases}$$

Die Formeln:

$$\frac{\varkappa_1 + \varkappa'_1}{2} = \frac{\varkappa' + \gamma_6 \frac{\varkappa_3}{2}}{2(\varsigma - \sigma')\left(1 - \frac{\varsigma+\sigma'}{2}\right)}, \qquad \frac{\varkappa_1 - \varkappa'_1}{2} = -\frac{\gamma_6 \frac{\varkappa_3}{2}}{2(\varsigma - \sigma')\left(1 - \frac{3\varsigma-\sigma'}{2}\right)},$$

$$\frac{\varkappa_2 + \varkappa'_2}{2} = \frac{\varkappa'' + \gamma_6 \frac{\varkappa_3}{2}}{2(\varsigma - \sigma'')\left(1 - \frac{\varsigma+\sigma''}{2}\right)}, \qquad \frac{\varkappa_2 - \varkappa'_2}{2} = -\frac{\gamma_6 \frac{\varkappa_3}{2}}{2(\varsigma - \sigma'')\left(1 - \frac{3\varsigma-\sigma''}{2}\right)},$$

$$\frac{\varkappa_3 + \varkappa'_3}{2} = \frac{\varkappa''' + \gamma_6 \frac{\varkappa_3}{2}}{2(\varsigma - \sigma''')\left(1 - \frac{\varsigma+\sigma'''}{2}\right)}, \qquad \frac{\varkappa_3 - \varkappa'_3}{2} = -\frac{\gamma_6 \frac{\varkappa_3}{2}}{2(\varsigma - \sigma''')\left(1 - \frac{3\varsigma-\sigma'''}{2}\right)}$$

ergeben dann die Werthe:

$$(7) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \begin{cases} \log \varkappa_1 = 8.31253, & \log \varkappa'_1 = 8.39239 \\ \varkappa_2 = 7.90183, & \varkappa'_2 = 7.98562 \\ \varkappa_3 = 7.16627, & \varkappa'_3 = 7.24582. \end{cases}$$

Weiter hat man χ_1, χ_2, χ_3 zu bestimmen nach den Gleichungen:

$$f_0 = \frac{2\mu(\delta+\varsigma)\gamma_4}{a}\left(1+\frac{3}{8}\frac{\mu\gamma_0\gamma_2}{\gamma_4 a(1-\varsigma)}\vartheta_0\right), \quad f_1 = +3\mu(\delta+\varsigma),$$

$$\chi_1 = \frac{f_0\varkappa_1}{\sigma'-\varsigma} - \frac{f_1\varkappa_1}{a}, \quad \chi_2 = \frac{f_0\varkappa_2}{\sigma''-\varsigma} - \frac{f_1\varkappa_2}{a}, \quad \chi_3 = \frac{f_0\varkappa_3}{\sigma'''-\varsigma} - \frac{f_1\varkappa_3}{a};$$

wir finden danach:

$$\left.\begin{aligned} \log f_0 &= 9.14438\,n, & \log f_1 &= 8.58675 \\ \log \chi_1 &= 8.73307 \\ \chi_2 &= 8.32220 \\ \chi_3 &= 7.58681. \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Multiplicirt man die Werthe der χ mit $\frac{a}{2\mu(\delta+\varsigma)} =$ num. (7.88014), so erhält man die Coefficienten von cos I, cos II, cos III — die Coefficienten der übrigen Glieder sind vorerst als wesentlich kleiner wegzulassen — in der Formel:

$$\text{Pars } \varrho_2 = \frac{1}{2\mu}\int\left(2\mu\gamma_4 + \frac{3}{4}\mu^2\frac{\gamma_0\gamma_2}{a(1-\varsigma)}\vartheta\right)\eta\eta'\sin\left((\varsigma-\mu\varsigma')\,v+\pi-\pi'\right)dv - \frac{3}{4}(\eta^2+\Delta\eta^2).$$

Wir erhalten daraus:

$$\left.\begin{aligned} \text{Pars } \varrho_2 = &+ 6.61321 \cos \text{ I} \\ &+ 6.20234 \cos \text{ II} \\ &+ 5.46695 \cos \text{ III} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Mit dem angenommenen Werthe von k_1 berechnet man:

$$q = \frac{1}{4}k_1 + \frac{1}{16}k_1^3 + \frac{17}{512}k_1^5 + \frac{45}{2048}k_1^7 \cdots$$

$$16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = 1 - \frac{1}{4}k_1^2 - \frac{11}{128}k_1^4 - \frac{25}{512}k_1^6 \cdots$$

Da wir k_1 vorerst für alle vier Systeme als constant betrachtet haben, erhalten wir auch für q und $16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q$ für alle Systeme Einen Werth, nämlich:

$$\log q = 8.85061, \qquad \log 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = 9.99129.$$

Ich habe statt dieser Zahlen die durch Interpolation aus früher gerechneten Werthen erhaltenen Grössen:

$$(10)\ldots\ldots\ldots \log q = 8.85063 \qquad \log 16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = 9.99130$$

angenommen.

Mit den erhaltenen Resultaten ist es leicht, die Werthe der Funktionen $f(v)$ und $\frac{df(v)}{dv}$ des Paragraphen 23 zu berechnen. Da nämlich $f(v)$ der Complex der Glieder von ϱ mit Ausnahme des Gliedes $\varkappa \cos((1-\varsigma)\,v - \Gamma)$ ist, so erhält man nach den Formeln der Paragraphen 19 und 21 den folgenden Ausdruck:

$$\begin{aligned} f(v) = {} & \varkappa_0 + \frac{\varkappa_1+\varkappa'_1}{2}\cos(A) + \frac{\varkappa_2+\varkappa'_2}{2}\cos(B) + \frac{\varkappa_3+\varkappa'_3}{2}\cos(C) \\ & + \frac{\varkappa_1-\varkappa'_1}{2}\cos(A') + \frac{\varkappa_2-\varkappa'_2}{2}\cos(B') + \frac{\varkappa_3-\varkappa'_3}{2}\cos(C') \\ & + \frac{a}{2\mu(\delta+\varsigma)}(\chi_1\cos \mathrm{I} + \chi_2\cos \mathrm{II} + \chi_3\cos \mathrm{III}) \\ & + \frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(\delta+\varsigma)}\cos(D) + \frac{8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0}{(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\cos(E) \\ & + \frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_1}{\delta+\varsigma}\eta\cos(F) + \frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_2}{\delta+\mu\varsigma'}\eta'\cos(G), \end{aligned}$$

in welchem die Argumente die nachstehenden Werthe haben:

$$(A) = (1-\sigma')\,v - A',\ (B) = (1-\sigma'')\,v - A'',\ (C) = (1-\sigma''')\,v - A'''$$

$$(A') = (1-2\varsigma+\sigma')\,v + A' - 2\Gamma,\ (B') = (1-2\varsigma+\sigma'')\,v + A'' - 2\Gamma,$$

$$(C') = (1-2\varsigma+\sigma''')\,v + A''' - 2\Gamma$$

$$\mathrm{I} = (\sigma'-\varsigma)\,v + A' - \Gamma,\ \mathrm{II} = (\sigma''-\varsigma)\,v + A'' - \Gamma,\ \mathrm{III} = (\sigma'''-\varsigma)\,v + A''' - \Gamma,$$

$$(D) = (1+\delta)\,v + 2\frac{\pi}{2K}G - \Gamma,\ (E) = (1+2\delta+\varsigma)\,v + 4\frac{\pi}{2K}G - \Gamma + 2\mathfrak{H},$$

$$(F) = (\delta+\varsigma)\,v + 2\frac{\pi}{2K}G + \pi - \Gamma,\ (G) = (\delta+\mu\varsigma')\,v + 2\frac{\pi}{2K}G + \pi' - \Gamma.$$

Die Differentiation dieser Formel giebt, indem man dabei mit Uebergehung unwesentlicher Glieder von der Ordnung der Masse m', nur die Variabilität der Argumente in sofern sie die Glieder constans mal v enthalten, berücksichtigt und sich ausserdem gestattet auch die Factoren $(1-\sigma')$ etc. $(1-2\varsigma+\sigma')$ etc. zu unterdrücken und die in $\frac{df(v)}{dv}$ sehr kleinen Glieder

mit den Argumenten I, II, III wegzulassen, diese Formel, sage ich, giebt den folgenden Ausdruck für $\frac{df(v)}{dv}$:

$$\begin{aligned}\frac{df(v)}{dv} = &- \tfrac{x_1+x'_1}{2}\sin(A) - \tfrac{x_2+x'_2}{2}\sin(B) - \tfrac{x_3+x'_3}{2}\sin(C)\\ &- \tfrac{x_1-x'_1}{2}\sin(A') - \tfrac{x_2-x'_2}{2}\sin(B') - \tfrac{x_3-x'_3}{2}\sin(C')\\ &- \frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0\ (1+\delta)}{(2+\delta-\varsigma)(\delta+\varsigma)}\sin(D) - \frac{8\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0(1+2\delta+\varsigma)}{(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin(E)\\ &- 16\left(\tfrac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\gamma_1\eta\sin(F) \quad - 16\left(\tfrac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\gamma_2\eta'\sin(G).\end{aligned}$$

Die numerische Rechnung ergab:

$$\begin{aligned}f'(v) = &- (6.28550) + (8.35429)\ \cos(A) + (7.94574)\cos(B)\\ &+ (7.20787)\ \cos(C)\\ &- (7.31659)\ \cos(A') - (6.92875)\cos(B')\\ &- (6.16850)\ \cos(C')\\ &+ (6.61321)\ \cos\ \mathrm{I} + (6.20234)\cos\mathrm{II}\\ &+ (5.46696)\ \cos\mathrm{III}\\ &+ (8.38559)\ \cos(D) + (7.23059)\ \cos(E)\\ &+ \left.\begin{matrix}(7.78189)\\(7.78099)\\(7.78069)\\(7.78059)\end{matrix}\right\}\cos(F) - (6.81961)\cos(G)\end{aligned} \quad \Big\}\ldots\ldots(11).$$

$$\begin{aligned}-\frac{df(v)}{dv} = &+ (8.35429)\ \sin(A) + (7.94574)\ \sin(B)\\ &+ (7.20787)\ \sin(C)\\ &- (7.31659)\ \sin(A') - (6.92875)\ \sin(B')\\ &- (6.16850)\ \sin(C')\\ &+ (8.39635)\ \sin(D) + (7.25239)\ \sin(E)\\ &+ \left.\begin{matrix}(6.20359)\\(6.20269)\\(6.20239)\\(6.20229)\end{matrix}\right\}\sin(F) - (5.21941)\ \sin(G).\end{aligned}$$

Berechnet man hieraus die numerischen Werthe der angesetzten Funktionen für die vier den Systemen I, II, III, IV entsprechenden Werthen von v, welche in der folgenden Tabelle mit aufgeführt sind, so wird:

(12)

	I	II	III	IV
v =	$-173^\circ 30'.6$	$196^\circ 57'.8$	$352^\circ 40'.8$	$415^\circ 9'.3$
$f(v)$ =	$+0.002295$	$+0.005996$	$+0.004855$	$+0.001618$
$\frac{df(v)}{dv}$ =	$+0.009982$	$+0.005818$	-0.004413	$-0.000857.$

In diesen Werthen haben sich die Glieder mit den Argumenten (A), (B), (C), (A') (B') (C') gegen die Glieder mit den Argumenten (D) und (E) zum grössten Theile zerstört, was nur gefällig für längere Zeit stattfindet; im Allgemeinen haben beide Funktionen wesentlich grössere Werthe.

Addirt man die Theile von $f(v)$, welche die Argumente I, II, III, (F), (G) haben besonders, so erhält man ϱ_2 und damit $\nu = -\frac{4}{3}\varrho_2$; es wurde gefunden:

(13)

ϱ_2 =	$+0.004021$	$+0.004770$	$+0.005041$	$+0.005143$
ν =	-0.005361	-0.006360	-0.006721	$-0.006857.$

Hiermit ist Alles gegeben um nach den Formeln (5) des Paragraphen 23 und mit Hülfe der Werthe von r und $\frac{dr}{dt}$ für die vier Systeme, so wie sie durch die Gleichungen (2) des Paragraphen 25 bestimmt sind, die Werthe von $\varkappa$ und Γ zu ermitteln: Es ergab sich:

$\log[A]$ =	9.00031	8.96648	$9.01094\,n$	$8.62748\,n$
$\log[B]$ =	8.48321	8.67752	$7.76655\,n$	$8.97007\,n$
$\varkappa\cos\Gamma$ =	-0.10294	-0.10235	-0.10082	-0.10066
$\varkappa\sin\Gamma$ =	$+0.018507$	$+0.18973$	$+0.019676$	$+0.019482.$

Die Mittel der angegebenen Werthe, nämlich:

$$\varkappa\cos\Gamma = -0.10169, \quad \varkappa\sin\Gamma = +0.019159$$

ergeben:

(14) ..... $\log\varkappa = 9.01485, \quad \Gamma = 169^\circ 19'.8.$

Mit Hülfe des erhaltenen Werthes von $\varkappa$ und der früher angegebenen Werthe der übrigen $\varkappa_i$ findet man die Coefficienten β nach den Gleichungen (8) des Paragraphen 18, welche man in diese Gestalt bringen kann:

$$\beta_0 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa$$

$$\beta_1 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa_1 - \frac{4\gamma_7}{\gamma_0}\overline{\varkappa_1}, \qquad \beta'_1 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa'_1 - \frac{4\gamma_7}{\gamma_0}\overline{\varkappa_1},$$

$$\beta_2 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa_2 - \frac{4\gamma_7}{\gamma_0}\overline{\varkappa_2}, \qquad \beta'_2 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa'_2 - \frac{4\gamma_7}{\gamma_0}\overline{\varkappa_2},$$

$$\beta_3 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa_3 - \frac{4\gamma_7}{\gamma_0}\overline{\varkappa_3}, \qquad \beta'_3 = -\frac{4\gamma_6}{\gamma_0}\varkappa'_3 - \frac{4\gamma_7}{\gamma_0}\overline{\varkappa_2}.$$

Wir fanden:

$$\left.\begin{array}{ll} \log\beta_0 = 9.70974 & \\ \beta_1 = 8.42838 & \log\beta'_1 = 8.67532 \\ \beta_2 = 8.08948 & \beta'_2 = 8.31589 \\ \beta_3 = 7.27821 & \beta'_3 = 7.52605. \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

Mit dem verbesserten Werthe von $\varkappa$ ergeben sich die verbesserten Werthe von χ einfach durch Anbringung der Correction von $\log\varkappa$ an die $\log$ der χ, weil diese Grössen $\varkappa$ als gemeinsamen Factor enthalten. Die Correction beträgt im vorliegenden Falle — 15 Einheiten der 5. Decimale. Wir haben also:

$$\left.\begin{array}{l} \log\chi_1 = 8.73292 \\ \chi_2 = 8.32205 \\ \chi_3 = 7.58666. \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

Mit Hülfe dieser Coefficienten wollen wir eine erste Bestimmung der Coefficienten λ_0, λ_1, λ_2, λ_3 der Entwickelung für k_1 nach den Formeln des Paragraphen 18 ausführen.

Nach (9) wird:

$$\log[\beta^2] = 9.42241,$$

nach (12) und (15):

$$\left.\begin{array}{ll} \log\mu_0 = 9.71084 & \log\nu_0 = 0.28986 \\ \mu_1 = 8.42672 & \nu_1 = 9.00452\,n \\ \mu_2 = 8.08802 & \nu_2 = 8.66562\,n \\ \mu_3 = 7.27675 & \nu_3 = 7.85435\,n. \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

Die erste Gleichung (23) lautet dann, indem ich für die kleinen Glieder der rechten Seite früher erhaltene Werthe der λ benutzte:

$$\lambda_0 - (9.40981)\,\lambda_0^2 = (9.40990).$$

Daraus:

(18) ..... $\log \lambda_0 = 9.44191.$

Dieser Werth zeigte nach einer Ueberschlagsrechnung, dass man ungefähr $\log \zeta_0 = 0.03717$ erhalten würde; mit diesem Werthe erhielt ich dann nach (22):

(19) .....
$$\begin{cases} \log \varphi_1 = 7.57323 \\ \varphi_2 = 7.23433 \\ \varphi_3 = 6.42306. \end{cases}$$

Nachdem die nöthigen Daten zur Bestimmung von λ_1, λ_2, λ_3 aus den Gleichungen (23) gewonnen sind, findet sich:

(20) .....
$$\begin{cases} \log \lambda_1 = 7.27422\,n \\ \lambda_2 = 6.55837 \\ \lambda_3 = 6.15755\,n \end{cases}$$

und nach (17):

(21) .....
$$\begin{cases} \log \zeta_0 = 0.03717 \\ \zeta_1 = 8.80097\,n \\ \zeta_2 = 8.38397\,n \\ \zeta_3 = 7.65481\,n. \end{cases}$$

Obwohl die erhaltenen Werthe gegen die vorausgesetzten nicht stark abweichen, schien es doch angemessen die Werthe von $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$, $\varkappa'_1$, $\varkappa'_2$, $\varkappa'_3$, λ_0, λ_1, λ_2, λ_3 nochmals mit den verbesserten Werthen zu berechnen, namentlich desswegen, weil die Coefficienten λ_{12}, λ_{13}, λ_{23} von Unsicherheiten in diesen Werthen stark afficirt werden. Eine Neubestimmung der Werthe $\varkappa$ und Γ schien nach den gemachten Erfahrungen überflüssig, weil die mit den verbesserten Werthen zu erhaltenden Aenderungen sehr unbedeutend ausfallen müssen und innerhalb der Unsicherheit liegen, welche diesen Constanten in Folge der Abweichungen der Einzelwerthe der vier Systeme von einander anhaften.

Indem man also annimmt:

$$\log \beta_0 = 9.70974$$
$$\beta_{01} = 0.03717$$
$$\beta_{01} = 8.80097\,n$$
$$\beta_{02} = 8.38397\,n$$
$$\beta_{03} = 7.65481\,n$$

erhält man:

$$\log \varsigma = 7.11922$$
$$\log (\varsigma - \sigma') = 7.11362$$
$$(\varsigma - \sigma'') = 7.08476$$
$$(\varsigma - \sigma''') = 7.11501$$

$$\log \varkappa_1 = 8.31249 \qquad \log \varkappa'_1 = 8.39225$$
$$\varkappa_2 = 7.90178 \qquad \varkappa'_2 = 7.98541$$
$$\varkappa_3 = 7.16623 \qquad \varkappa'_3 = 7.24578$$

$$\left.\begin{array}{llll} \log \beta_0 = 9.70974 & & \log \mu_0 = 9.71084 & \log \nu_0 = 0.28987 \\ \beta_1 = 8.42822 & \log \beta'_1 = 8.67496 & \mu_1 = 8.42676 & \nu_1 = 9.00436\,n \\ \beta_2 = 8.08932 & \beta'_2 = 8.31540 & \mu_2 = 8.08786 & \nu_2 = 8.66546\,n \\ \beta_3 = 7.27806 & \beta'_3 = 7.52595 & \mu_3 = 7.27660 & \nu_3 = 7.85420\,n \\ & \log \chi_1 = 8.73279 & \log \varphi_1 = 7.57307 & \\ & \chi_2 = 8.32191 & \varphi_2 = 7.23417 & \\ & \chi_3 = 7.58653 & \varphi_3 = 6.42291. & \end{array}\right\} \quad (22)$$

Hiermit ergab sich:

$$\left.\begin{array}{ll} \log \lambda_0 = 9.44188 & \log \beta_{01} = 0.03714 \\ \lambda_1 = 7.27233\,n & \beta_{01} = 8.80058\,n \\ \lambda_2 = 6.55822 & \beta_{02} = 8.38378\,n \\ \lambda_3 = 6.15719\,n & \beta_{03} = 7.65461\,n \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Mit diesen Werthen sind die Grössen berechnet worden, welche zur Bestimmung von λ_{12}, λ_{13}, λ_{23} nach den Formeln des Paragraphen 18 nöthig sind.

Es fand sich:

$$(24).\quad \begin{cases} \log \chi_1 = 8.73271 & \log \varphi_1 = 7.57304 & \\ \chi_2 = 8.32182 & \varphi_2 = 7.23414 & \\ \chi_3 = 7.58645 & \varphi_3 = 6.42288 & \\ \chi_{12} = 7.21686 & \varphi_{12} = 6.40701 & \log \mu_{12} = 6.97911 \\ \chi_{13} = 6.57259 & \varphi_{13} = 5.64359 & \mu_{13} = 6.18961 \\ \chi_{23} = 6.07548 & \varphi_{23} = 5.25918 & \mu_{23} = 5.83010. \end{cases}$$

Die Werthe von μ_0, μ_1, μ_2, μ_3 sind, weil sie unverändert geblieben sind, nicht wieder aufgeführt; mit Hülfe der Werthe (23) erhält man:

$$(25)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \begin{cases} \log \lambda_{12} = 4.73028\,n \\ \lambda_{13} = 5.47663\,n \\ \lambda_{23} = 3.97774\,n. \end{cases}$$

Die einzelnen Glieder in $(1-\mu_0\lambda_0)\lambda_{12}$ etc. zerstören sich zum grössten Theile; die grössten Glieder in diesen Ausdrücken sind die folgenden:

$$\log\left(\frac{\mu_{12}(1+\lambda_0^2)}{2}\right) = 6.71010, \quad \log\left(\frac{\mu_{13}(1+\lambda_0^2)}{2}\right) = 5.92060, \quad \log\left(\frac{\mu_{23}(1+\lambda_0^2)}{2}\right) = 5.56109$$

$$\log(-\lambda_0\chi_{12}) = 6.65874\,n, \log(-\lambda_0\chi_{13}) = 6.01447\,n, \log(-\lambda_0\chi_{23}) = 5.51736\,n.$$

Daher rührt die schon erwähnte Unsicherheit in den Werthen (25).

Die Addition der entsprechenden χ und φ des Systemes (24) giebt die Coefficienten der Entwickelung für γ, nach der Formel (24) des Paragraphen 18.

Die Resultate in Bezug auf die Funktionen k_1 und γ können wir in der folgenden Weise ansetzen:

$$(26)\ldots \begin{cases} k_1 = (9.44188) + (7.27233\,n)\cos \text{I} + (6.55822\ )\cos \text{II} \\ \qquad + (6.15719\,n)\cos \text{III} \\ \qquad + (4.73028\,n)\cos(\text{II}-\text{I}) + (5.47663\,n)\cos(\text{III}-\text{I}) \\ \qquad + (3.97774\,n)\cos(\text{III}-\text{II}), \\ \frac{\gamma}{a} = (0.00000) + (8.76178\ )\cos \text{I} + (8.35593\ )\cos \text{II} \\ \qquad + (7.61527\ )\cos \text{III} \\ \qquad + (7.27941\ )\cos(\text{II}-\text{I}) + (6.62094\ )\cos(\text{III}-\text{I}) \\ \qquad + (6.13718\ )\cos(\text{III}-\text{II}). \end{cases}$$

Nachdem diese Werthe erlangt sind, können wir zur Bestimmung der Funktion H_1 schreiten. Die erste Aufgabe hierfür ist die Bestimmung des Productes:

$$\sqrt{\gamma}\,\frac{\pi}{2K_1}\,\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}}$$

Um den Werth des ersten Factors nach der Formel (25) des Paragraphen 18, nämlich nach:

$$\frac{\pi}{2K_1}\,\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} = 1 - \frac{3}{4}\,k_1^2 + \frac{27}{64}\,k_1^4 - \frac{105}{256}\,k_1^6 \cdots$$

zu erhalten, haben wir die erste Formel (26) in die zweite, vierte, sechste etc. Potenz zu erheben.

Mit Beschränkung auf die angesetzten Argumente fanden wir:

	Constante	cos I	cos II	cos III	cos (II−I)	cos (III—I)	cos (III—II)	
$k_1^2 =$	(8.88377)	+ (7.01524 n)	+ (6.30113)	+ (5.90010 n)	+ (4.56228 n)	+ (5.21244 n)	+ (3.76157 n)	(27)
$k_1^4 =$	(7.76758)	+ (6.20004 n)	+ (5.48593)	+ (5.08490 n)	+ (3.88409 n)	+ (4.38268 n)	+ (3.01819 n)	
$k_1^6 =$	(6.65143)	+ (5.25991 n)	+ (4.54580)	+ (4.14477 n)	+ (3.04796 n)	+ (3.42749 n)	+ (2.13967 n)	

und hiermit, indem Glieder von höherer als der sechsten Ordnung in k_1 weggelassen werden:

$$\begin{aligned}\frac{\pi}{2K_1}\,\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} = (9.97539) &+ (6.85575)\cos\text{ I} &&+ (6.14164\,n)\cos\text{ II}\\ &&&+ (5.74061\ )\cos\text{ III}\\ &+ (4.39096)\cos(\text{II}-\text{I}) &&+ (5.05398\ )\cos(\text{III}-\text{I})\\ &&&+ (3.59639\ )\cos(\text{III}-\text{II})\end{aligned} \quad (28)$$

Aus der zweiten Formel (26) ergiebt sich bei Beschränkung auf die angesetzten Argumente nach der Formel:

$$\sqrt{1+x} = 1 + \frac{1}{2}\,x - \frac{1}{8}\,x^2$$

die folgende Entwickelung:

$$\begin{aligned}\sqrt{\frac{\gamma}{a}} = (9.99990) &+ (8.46075)\cos\text{ I} &&+ (8.05490)\cos\text{ II}\\ &&&+ (7.31424)\cos\text{ III}\\ &+ (6.89626)\cos(\text{II}-\text{I}) &&+ (6.25311)\cos(\text{III}-\text{I})\\ &&&+ (5.75492)\cos(\text{III}-\text{II})\end{aligned} \quad \ldots(29)$$

und aus der Multiplication der Reihen (28) und (29) miteinander folgt, indem man auch hier nur die sechs gewöhnlichen Argumente beibehält:

$$(30)\quad \begin{cases} \sqrt{\frac{\gamma}{a}}\,\frac{\pi}{2K_1}\,\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} = (9.97529) + (8.44740)\cos \text{I} + (8.02464)\cos \text{II} \\ \qquad\qquad + (7.30172)\cos \text{III} \\ \qquad\qquad + (6.87429)\cos(\text{II}-\text{I}) + (6.26030)\cos(\text{III}-\text{I}) \\ \qquad\qquad + (5.73484)\cos(\text{III}-\text{II}). \end{cases}$$

Zur Bildung der Reihe für H_1 ist weiter nöthig, die Berechnung des Productes:

$$\left(\frac{1}{1-k_1^2}\cdot\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1\right)\frac{d\vartheta}{dv}.$$

Die Grösse $\frac{d\vartheta}{dv}$ erhält man aus den Werthen:

$$(31)\quad \begin{cases} \beta\cos 2\vartheta = h = (6.00054) + (4.71902)\cos \text{I} + (4.38012)\cos \text{II} + (3.56886)\cos \text{III}, \\ \beta\sin 2\vartheta = l = \qquad (4.96576)\sin \text{I} + (4.60620)\sin \text{II} + (3.81675)\sin \text{III}, \end{cases}$$

in welchen die Coefficienten aus den Grössen β und β' durch Multiplication mit a erhalten worden sind, nach der Formel:

$$\frac{d\vartheta}{dv} = \frac{h\frac{dl}{dv} - l\frac{dh}{dv}}{2\beta^2}.$$

Nun ist:

$$(32)\ldots\ldots \begin{cases} \frac{dh}{dv} = (1.83264\ )\sin \text{I} + (1.46488\ )\sin \text{II} + (0.68387\ )\sin \text{III} \\ \frac{dl}{dv} = (2.07938\,n)\cos \text{I} + (1.69096\,n)\cos \text{II} + (0.93176\,n)\cos \text{III} \end{cases}$$

und hiermit:

$$(33)\quad \begin{cases} h\frac{dl}{dv} - l\frac{dh}{dv} = (6.87482\,n) + (8.07992\,n)\cos \text{I} + (7.69150\,n)\cos \text{II} \\ \qquad\qquad + (6.93230\,n)\cos \text{III} \\ \qquad\qquad + (6.73613\,n)\cos(\text{II}-\text{I}) + (5.95054\,n)\cos(\text{III}-\text{I}) \\ \qquad\qquad + (5.58728\,n)\cos(\text{III}-\text{II}) \end{cases}$$

Weiter giebt die Formel:

$$\frac{1}{2\beta^2} = \frac{1}{2(h^2+l^2)}$$

die Entwickelung:

$$\frac{1}{2\beta^2} = (7.69828) + (6.71264\,n)\cos \text{I} + (6.37374\,n)\cos \text{II} + (5.56248\,n)\cos \text{III} + (2.50840\ )\cos(\text{II}-\text{I}) + (3.14947\,n)\cos(\text{III}-\text{I}) + (1.06907\,n)\cos(\text{III}-\text{II}) \quad \ldots(34)$$

Das Product von (33) und (34) wird:

$$\frac{d\zeta}{dv} = (2.64443\,n) + (5.77539\,n)\cos \text{I} + (5.38663\,n)\cos \text{II} + (4.62779\,n)\cos \text{III} + (2.47638\,n)\cos(\text{II}-\text{I}) + (1.71147\,n)\cos(\text{III}-\text{I}) + (1.31393\,n)\cos(\text{III}-\text{II}) \quad \ldots(35)$$

Aus der Formel:

$$\frac{1}{1-k_1^2}\cdot\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1 = \frac{1}{2}k_1^2 + \frac{13}{32}k_1^4 + \frac{23}{64}k_1^6 + \cdots$$

leiten wir mit Hülfe der Werthe (27) die folgende Entwickelung ab:

$$\frac{1}{1-k_1^2}\cdot\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1 = (8.61066) + (6.76996\,n)\cos \text{I} + (6.05585\ )\cos \text{II} + (5.65482\,n)\cos \text{III} + (4.33769\,n)\cos(\text{II}-\text{I}) + (4.96527\,n)\cos(\text{III}-\text{I}) + (3.52644\,n)\cos(\text{III}-\text{II}) \quad (36)$$

und schliesslich erhalten wir als Product der Reihen (35) und (36):

$$\left(\frac{1}{1-k_1^2}\cdot\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1\right)\frac{d\zeta}{dv} = (2.16027) + (4.38605n)\cos \text{I} + (3.99729\,n)\cos \text{II} + (3.23845\,n)\cos \text{III} + (1.40804\ )\cos(\text{II}-\text{I}) + (1.37772\ )\cos(\text{III}-\text{I}) + (0.35161\ )\cos(\text{III}-\text{II}) \quad (37)$$

Die Summe der Reihen (30) und (37) giebt, indem man für die erste Reihe den oben angegebenen Werth von a benutzt:

$$(38)\quad \begin{cases} \sqrt{\gamma}\,\frac{\pi}{2K_1}\,\frac{1}{\sqrt{1+k_1^2}} + \left(\frac{1}{1-k_1^2}\cdot\left(\frac{\pi}{2K_1}\right)^2 - 1\right)\frac{d\varsigma}{dv} = \\ (8.12069) + (6.59009)\cos \text{I} \quad + (6.16711)\cos \text{II} \quad + (5.44443)\cos \text{III} \\ \quad + (5.01980)\cos(\text{II}-\text{I}) + (4.40611)\cos(\text{III}-\text{I}) + (3.88037)\cos(\text{III}-\text{II}). \end{cases}$$

Nach der Formel (27) des Paragraphen 16 muss die Constante dieses Ausdruckes gleich gross sein, wie $\frac{\delta+\varsigma}{2}$, wir erhalten also:

$$(39)\quad \log(\delta+\varsigma) = 8.42172$$

und da $\log \varsigma = 7.11922$ gefunden wurde, ist:

$$(40)\quad \begin{cases} \log \delta = 8.39952 \\ \log \mu = 9.68793 \\ \log n \text{ (in Graden ausgedrückt)} = 9.23163. \end{cases}$$

Von den Werthen (39) und (40) weicht nur $(\delta+\varsigma)$ um 2 Einheiten der letzten Decimale von dem angenommenen Werthe ab, die übrigen sind genau so, wie sie angenommen waren. Damit ist aber nur constatirt, dass das angenommene Verhältniss zwischen α und δ richtig ist, während wir erst später werden prüfen können, wie weit sowohl der eine wie der andere Werth den Beobachtungen entspricht.

Unterdrückt man also in (38) das constante Glied, und integrirt man mit Hülfe der Integrationsdivisoren:

$$(41)\quad \begin{cases} \log(\varsigma-\sigma') = 7.11362\,n \quad \log(\sigma''-\sigma') = 5.92177 \\ (\varsigma-\sigma'') = 7.08476\,n \quad (\sigma'''-\sigma') = 4.62172\,n \\ (\varsigma-\sigma''') = 7.11501\,n \quad (\sigma'''-\sigma'') = 5.94300\,n, \end{cases}$$

so erhält man nach der ersten Formel (25) des Paragraphen 16:

$$(42)\quad \begin{cases} \frac{1}{\mu} H_1 = (1.54666n)\sin \text{I} \quad + (1.15254n)\sin \text{II} \quad + (0.39961n)\sin \text{III} \\ \quad + (1.16822\ )\sin(\text{II}-\text{I}) + (1.85458n)\sin(\text{III}-\text{I}) + (0.00756n)\sin(\text{III}-\text{II}). \end{cases}$$

Die Coefficienten sind hier in Graden angesetzt. Die Glieder der zweiten Zeile sind in Folge der wesentlich kleineren Integrationsdivisoren von derselben Grössenordnung, wie die der ersten. Die Erwartung dieses Verhältnisses war ja die Ursache, dass wir diese Glieder schon in der ersten Näherung mitnahmen.

Um nun aus den Beobachtungen die Integrationsconstante A zu ermitteln und zu prüfen, ob der aus dem angenommenen Werthe von a folgende Werth von n den Beobachtungen genügt, haben wir für die Werthe der v, welche den vier Systemen I, II, III, IV entsprechen, eine Reihe Specialwerthe der allgemeinen Reihen zu deduciren. Wir fanden so:

	I	II	III	IV
$\log \eta =$	8.91494	8.91443	8.91422	8.91413
$\pi - \Gamma =$	$-\ 6°\,56'.1$	$-\ 6°\,47'.5$	$-\ 6°\,43'.9$	$-\ 6°\,42'.4$
$\log \eta' =$	8.68253	8.68259	8.68264	8.68265
$\pi' - \Gamma - (\zeta - \mu\zeta')v =$	$201°\,57'.4$	$201°\,28'.8$	$201°\,16'.7$	$201°\,12'.0$
$\pi' =$	$11\ \ 3'.7$	$11\ \ 3'.9$	$11\ \ 3'.9$	$11\ \ 4'.1$
$\log \frac{\beta}{a} =$	9.68391	9.68381	9.68378	9.68376
$2\mathfrak{d} =$	$-\ 2°\ 5'.2$	$-\ 2°\ 2'.1$	$-\ 2°\ 0'.9$	$-\ 2°\ 0'.4$
$\log k_1 =$	9.44372	9.44374	9.44375	9.44376
$\frac{1}{\mu} H_1 =$	$-\ 69''.101$	$-\ 69''.410$	$-\ 69''.541$	$-\ 69''.593$
$2H_1 =$	$-\ 67.367$	$-\ 67.667$	$-\ 67.795$	$-\ 67.847$

(43)

Mit den erhaltenen Werthen von k_1 berechnen wir noch:

$$q = \tfrac{1}{4} k_1 + \tfrac{1}{16} k_1^3 + \tfrac{17}{512} k_1^5 + \tfrac{45}{2048} k_1^7 + \cdots,$$

$$16 \left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = 1 \quad - \tfrac{1}{4} k_1^2 - \tfrac{11}{128} k_1^4 - \tfrac{25}{512} k_1^6 - \cdots.$$

Es ergab sich:

$\log q =$	8.85031	8.85034	8.85035	8.85036,
$\log 16 \left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q =$	9.99130	9.99130	9.99130	9.99130;

...(44)

und hiermit ermitteln wir die Coefficienten in der Formel für die Zeit; drückt man diese in Graden aus, so wird:

$$
(45)\ldots\left\{
\begin{array}{llcllll}
\log & \frac{2}{\mu}\,\frac{q}{1+q^2} & = & 1.21936 & 1.21939 & 1.21940 & 1.21941 \\
 & \frac{1}{\mu}\,\frac{q^2}{1+q^4} & = & 9.77080 & 9.77086 & 9.77088 & 9.77090 \\
 & \frac{2}{3\mu}\,\frac{q^3}{1+q^6} & = & 7.29534 & 7.29546 & 7.29550 & 7.29554 \\
\log & \frac{2}{1-\varsigma}\,\eta & = & 0.97466 & 0.97415 & 0.97394 & 0.97385 \\
\log & \frac{32\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)} & = & 0.43396 & 0.43396 & 0.43396 & 0.43396 \\
\log & \frac{16\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q^2\gamma_0}{(1+2\delta+\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)} & = & 9.26760 & 9.26763 & 9.26764 & 9.26765 \\
\log & \frac{3}{4(1-\varsigma)}\,\eta^2 & = & 9.46363 & 9.46261 & 9.46219 & 9.46201 \\
\log & \frac{48\left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q\,\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)^2(\delta+\varsigma)}\,\eta & = & 9.22959 & 9.22908 & 9.22887 & 9.22878.
\end{array}
\right.
$$

In den Argumenten, deren Coefficienten wir hier bestimmt haben, kommt die zu bestimmende Grösse Λ selbst vor, indem sie im Ausdrucke:

$$
\begin{aligned}
2\,\frac{\pi}{2K}\,G &= 2\Delta+\Gamma+2H_1 \\
&= 2\mu\,\Lambda-2\Lambda'+\Gamma+2H_1
\end{aligned}
$$

enthalten ist. Die Bestimmung von Λ ist also durch Versuche auszuführen. Wir setzen hier die auf den letzten Versuch bezüglichen Resultate an: es war vorausgesetzt worden:

$$
\begin{array}{lrl}
 & \Lambda = & 431^\circ\ 48'.0\,, \\
\text{folglich:} & 2\mu\Lambda = & 420\ \ 57.6 \\
\text{und da:} & 2\Lambda' = & 562\ \ \ 2.9 \\
\text{ist:} & 2\Delta = & -141\ \ \ 5.3 \\
 & 2\Delta+\Gamma = & 28\ \ 14.5.
\end{array}
$$

Dann erhält man:

$$
2\,\frac{\pi}{2K}\,G = -39^\circ\ 7'.5 \quad -39^\circ\ 25'.5 \quad -39^\circ\ 33'.2 \quad -39^\circ\ 36'.3.
$$

Die Werthe der übrigen zur Bildung der Argumente in der Formel für die Zeit nöthigen Grössen sind die folgenden:

$$(1-\varsigma)\,v = -173^\circ 16'.9 + 196^\circ 42'.3 + 352^\circ 13'.0 + 414^\circ 36'.6,$$
$$(1+\delta)\,v = -177\ 51.8 + 201\ 54.4 + 361\ 31.8 + 425\ 34.3,$$
$$(\delta+\varsigma)\,v = -\ 4\ 34.9 + 5\ 12.1 + 9\ 18.8 + 10\ 57.7.$$

Das Glied nt ist mit dem Werthe (40) von n berechnet und t von der Zeit des Systemes III ab gezählt worden, sodass die Werthe von t für die vier Systeme die folgenden sind:

$$t = -3086.0 \quad -935.5 \quad 0 \quad +426.5 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (46)$$

Die Berechnung der einzelnen Glieder der Formel (9) des Paragraphen 21, nach Λ umgestellt, bereitet dann gar keine Schwierigkeiten; wir fanden:

v	$=-173^\circ.510$	$+196^\circ.963$	$+352^\circ.680$	$+415^\circ.155$
$-nt$	$=+526.050$	$+159.467$	0.000	-72.703
$-\frac{1}{\mu}\left(\frac{\pi}{2K}G-\Delta-\frac{\Gamma}{2}\right)=-\frac{1}{\mu}H_1$	$=+69.101$	$+69.410$	$+69.541$	$+69.593$
$-\frac{1}{\mu}\frac{2q}{1+q^2}\sin\left((\delta+\varsigma)v+2\frac{\pi}{2K}G+2\mathfrak{H}\right)$	$=+11.879$	$+9.802$	$+8.845$	$+8.449$
$-\frac{1}{\mu}\frac{2q^2}{2(1+q^4)}\sin 2\left((\delta+\varsigma)v+2\frac{\pi}{2K}G+2\mathfrak{H}\right)$	$=+0.590$	$+0.563$	$+0.533$	$+0.518$
$-\frac{1}{\mu}\frac{2q^3}{3(1+q^6)}\sin 3\left((\delta+\varsigma)v+2\frac{\pi}{2K}G+2\mathfrak{H}\right)$	$=+0.001$	$+0.002$	$+0.002$	$+0.002$
$-\frac{2}{1-\varsigma}\eta\sin\left((1-\varsigma)v-\pi\right)$	$=-3.886$	-5.291	$+1.574$	$+8.954$
$-\frac{32\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin\left((1+\delta)v+2\frac{\pi}{2K}G-\Gamma\right)$	$=+1.204$	$+0.324$	-1.248	$+1.621$
$-\frac{16\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 q^2\gamma_0}{(1+2\delta+\varsigma)(1+\delta)(\delta+\varsigma)}\sin\left((1+2\delta+\varsigma)v+4\frac{\pi}{2K}G-\Gamma+2\mathfrak{H}\right)$	$=+0.176$	$+0.127$	-0.160	$+0.019$
$+\frac{3}{4(1-\varsigma)}\eta^2\sin 2\left((1-\varsigma)v-\pi\right)$	$=+0.218$	$+0.270$	$+0.095$	$+0.170$
$+\frac{48\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 q\gamma_0}{(2+\delta-\varsigma)^2(\delta+\varsigma)}\eta\sin\left((2+\delta-\varsigma)v+2\frac{\pi}{2K}G-\pi-\Gamma\right)$	$=-0.006$	$+0.078$	-0.052	$+0.160$
Summe $=\Lambda$	$=431^\circ.817$	$431^\circ.715$	$431^\circ.810$	$431^\circ.938$

Die drei letzten Systeme liegen im Verhältnisse zum Abstande des ersten Systemes nahe bei einander; mit Rücksicht auf diesen Umstand lassen die vier erhaltenen Werthe von Λ nicht erkennen, dass der angenommene Werth der mittleren Bewegung und der

Constanten a merkbar falsch wäre; das Mittel aus den drei letzten Werthen Λ, nämlich 431°.821, weicht vom Werthe des ersten Systemes nur ganz unwesentlich ab; die Differenzen der Λ unter einander liegen völlig im Bereiche vernachlässigter Glieder. Wäre dieses nicht der Fall und liessen die Λ einen deutlichen, der Zeit t proportionalen Gang erkennen, wie dieses bei den früheren Rechnungen der Fall war, so hat man den angenommenen Werth von n zu variiren, und mit ihm natürlich auch die aller anderer Constanten, bis die gewünschte Uebereinstimmung eintritt.

Das Mittel der vier Werthe von Λ, nämlich:

$$(47) \qquad \Lambda = 431^\circ\ 49'.2,$$

weicht von dem angenommenen Werthe 431° 48'.0 nur so unbeträchtlich ab, dass wir auf eine Wiederholung der Bestimmung von Λ verzichten können.

Um die Constante α zu bestimmen, beachten wir vorerst, dass $\Delta\varrho$, die negative Constante im Ausdrucke für ϱ, den Werth hat:

$$\log \Delta\varrho = 6.28550.$$

Den Werth von $-2\Delta\left(\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right)$ erhält man leicht aus der Formel (10) dieses Paragraphen als Summe der Quadrate der Coefficienten von $f(v)$ mit Ausnahme des constanten Gliedes und der Coefficienten, welche in cos (A), cos (B), cos (C), cos (A'), cos (B'), cos (C') multiplicirt, zum Werthe von η beitragen. Damit wird:

$$\log 2\Delta\left(\varrho^2 - \frac{\eta^2}{2}\right) = 6.79974\,n.$$

Mit diesen Werthen fanden wir nach der Formel (7) des Paragraphen 23:

$$(48) \qquad \begin{cases} \log \alpha = 7.12386\,n \\ \log (1 + \alpha) = 9.99942. \end{cases}$$

Hiermit ergiebt die Gleichung (8) desselben Paragraphen, indem man $m_1 = 1$, also die Masse der Hecuba unendlich klein gegen die Sonnenmasse setzt:

$$(49) \qquad \log a = 0.50766.$$

Benutzt man aber andererseits die aus den Beobachtungen bestimmten Werthe von $r^2\frac{dv}{dt}$ und die ermittelten Werthe von η und ν, so erhält man, den vier Systemen entsprechend, nach der Formel (9) des Paragraphen 23 die folgenden Werthe:

$$\log \sqrt{a} = 0.25392 \quad 0.25397 \quad 0.25369 \quad 0.25380$$

und hieraus im Mittel:

$$\log a = 0.50769 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (50)$$

In der guten Uebereinstimmung beider Werthe von a, von welchen der eine aus der mittleren Bewegung, der andere aus der Flächengeschwindigkeit bestimmt ist, muss ich nach den gemachten Erfahrungen ein schwer wiegendes Zeugniss für eine nahezu richtige Bestimmung der mittleren Bewegung erkennen. Dem Werthe (48) wurde das Gewicht 1 gegeben, dem Werthe (49) aber, weil er auf vier Einzelbestimmungen beruht ein grösseres Gewicht, das Gewicht 2; dann erhält man:

$$\log a = 0.50768, \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (51)$$

genau so, wie wir am Anfange der Rechnung angenommen haben.

Es erübrigt jetzt noch, die Werthe der Integrationsconstanten $\tilde{\omega}$ und E zu bestimmen.

Mit dem in (2) angegebenen Werthe von $R(100)_{00}$ erhält man nach der Formel:

$$(1+\tau)^2 = 1 + \frac{m'}{m_1} R\,(100)_{00}$$

den Werth:

$$\log \tau = 6.62468 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (52)$$

Die in (7) des Paragraphen 25 angesetzten Werthe gestatten weiter die Berechnung der Coefficienten $\tilde{\omega}$ nach den Formeln (6) des Paragraphen 22; wir fanden:

$$\left.\begin{aligned} \log \tilde{\omega}_1 &= 8.43925 \\ \tilde{\omega}_2 &= 7.93906 \\ \tilde{\omega}_3 &= 7.18343 \\ \tilde{\omega}_4 &= 7.07842. \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (53)$$

Mit Hülfe dieser Werthe und der in (7) gegebenen Grössen B kann man dann die Specialwerthe der Funktionen:

$$g(v) = \tilde{\omega}_1 \sin (v - B') + \tilde{\omega}_2 \sin \left((1+\theta'')\, v - B''\right) + \tilde{\omega}_3 \sin \left((1+\theta''')\, v - B'''\right) + \tilde{\omega}_4 \sin \left((1+\theta^{IV})\, v - B^{IV}\right)$$

$$\frac{dg(v)}{dv} = \tilde{\omega}_1 \cos (v - B') + \tilde{\omega}_2 \cos \left((1+\theta'')\, v - B''\right) + \tilde{\omega}_3 \cos \left((1+\theta''')\, v - B'''\right) + \tilde{\omega}_4 \cos \left((1+\theta^{IV})\, v - B^{IV}\right)$$

für unsere vier Systeme berechnen. Diese Funktionen sind nach der Formel (7) des Paragraphen 22 dieselben, welche in die Formeln (11) und (12) des Paragraphen 23 eingehen. Bei der Differentiation der Funktion $g(v)$ haben wir uns gestattet, die Factoren $(1+\theta'')$ etc. zu unterdrücken.

Wir fanden:

$$(54)\quad \begin{cases} g(v) = +0.020867 & +0.020450 & -0.020346 & -0.013505 \\ \frac{dg(v)}{dv} = -0.000373 & -0.004154 & -0.004626 & +0.015904. \end{cases}$$

und mit Hülfe der in (2) des Paragraphen 25 angegebenen Werthe der ζ und $r^2\frac{d\xi}{dt}$, nach den Formeln (12) des Paragraphen 23, in welchen das in $\frac{dv}{dv}$ multiplicirte Glied als ganz unwesentlich unterdrückt wurde:

$$(55).\quad \begin{cases} \log[A] = & 8.60161n & 8.72226n & 8.33039 & 8.91290 \\ \log[B] = & 8.86831n & 8.81475n & 8.90888 & 8.26699 \\ \tilde{\omega}\cos E = & +0.077847 & +0.077873 & +0.077768 & +0.077816 \\ \tilde{\omega}\sin E = & -0.031456 & -0.031302 & -0.031353 & -0.031339. \end{cases}$$

Die Mittelwerthe der letzten Grössen, nämlich:

$$\tilde{\omega}\cos E = +0.077826$$

$$\tilde{\omega}\sin E = -0.031362$$

liefern die Werthe:

$$(56)\quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \begin{cases} \log\tilde{\omega} = 8.92381 \\ E = 338^\circ\ 3'1. \end{cases}$$

Vergleicht man die Resultate dieser Rechnung mit den bei dem Beginne derselben vorausgesetzten Werthen, so dürften die geringen Abweichungen zur Annahme berechtigen, dass die erhaltenen Werthe der Integrationsconstanten nur unwesentlich fehlerhaft sein können. Jedenfalls schien uns eine Wiederholung der Rechnung nicht angemessen.

Die erhaltenen Resultate stellen wir zusammen in die folgenden Formeln für die erste Näherung der Bewegung von Hecuba:

$$
\begin{aligned}
&(9.23163)\,(t-1877\ \text{Sptbr.}\ 16.5\ \text{m. Zt. B.})+431^\circ\,49'.2\\
&=+(1.54666)\sin \text{I}\quad+(1.15254)\sin \text{II}\quad+(0.39961)\sin \text{III}\\
&\quad-(1.16822)\sin(\text{II}-\text{I})+(1.85458)\sin(\text{III}-\text{I})+(0.00756)\sin(\text{III}-\text{II})\\
&\quad-(2.07019)\ \tfrac{2q}{1+q^2}\ \sin\ \Big((\delta+\varsigma)\ v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+2\vartheta\Big)\\
&\quad-(2.07019)\ \tfrac{2q^2}{2(1+q^4)}\ \sin 2\Big((\delta+\varsigma)\ v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+2\vartheta\Big)\\
&\quad-(2.07019)\ \tfrac{2q^3}{3(1+q^6)}\ \sin 3\Big((\delta+\varsigma)\ v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+2\vartheta\Big)\\
&\quad-(2.05972)\,\eta\ \sin\ \big((1-\varsigma)\ v-\pi\big)\\
&\quad-(0.44266)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q\ \sin\Big((1+\delta)v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma\Big)\\
&\quad-(0.42599)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q^2\sin\Big((1+2\delta+\varsigma)\ v+4\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma+2\vartheta\Big)\\
&\quad+(1.63375)\,\eta^2\sin 2\ \big((1-\varsigma)\ v-\pi\big)\\
&\quad+(0.32335)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q\eta\sin\Big((2+\delta-\varsigma)\ v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\pi-\Gamma\Big)\\
\rho_1=&-(6.28550)+\eta\cos\big((1-\varsigma)\,v-\pi\big)\\
&\quad+(8.39427)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q\ \cos\Big((1+\delta)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma\Big)\\
&\quad+(8.38864)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q^2\cos\Big((1+2\delta+\varsigma)\,v+4\,\tfrac{\pi}{2K}\,G-\Gamma+2\vartheta\Big)\\
\rho_2=&\quad(6.61283)\cos \text{I}\quad+(6.20194)\cos \text{II}\quad+(5.46657)\cos \text{III}\\
&\quad+(5.09698)\cos(\text{II}-\text{I})+(4.45271)\cos(\text{III}-\text{I})+(6.95560)\cos(\text{III}-\text{II})\\
&\quad+(8.87657)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q\cdot\eta\cos\Big((\delta+\varsigma)\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+\pi-\Gamma\Big)\\
&\quad-(8.14640)\ 16\Big(\tfrac{\pi}{2kK}\Big)^2 q\cdot\eta'\cos\Big((\delta+\mu\varsigma')\,v+2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G+\pi'-\Gamma\Big).
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
2\,\tfrac{\pi}{2K}\,G=\ 28^\circ\,15'.7\ &-(1.53562)\sin \text{I}\quad-(1.14150)\sin \text{II}\\
&\quad-(0.38857)\sin \text{III}\\
&+(1.15718)\sin(\text{II}-\text{I})-(1.84354)\sin(\text{III}-\text{I})\\
&\quad-(9.99652)\sin(\text{III}-\text{II})
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\tfrac{\beta}{a}\cos 2\vartheta=(9.70974)&+(8.42822)\cos \text{I}+(8.08932)\cos \text{II}\\
&+(7.27806)\cos \text{III},\\
\tfrac{\beta}{a}\sin 2\vartheta=\qquad&(8.67496)\sin \text{I}+(8.31540)\sin \text{II}\\
&+(7.52595)\sin \text{III},\\
\eta\cos(\pi-\Gamma)=(9.01485)&+(8.31249)\cos \text{I}+(7.90178)\cos \text{II}\\
&+(7.16623)\cos \text{III},\\
\eta\sin(\pi-\Gamma)=\qquad&+(8.39225)\sin \text{I}+(7.98541)\sin \text{II}\\
&+(7.24578)\sin \text{III},\\
\eta'\cos(\pi'-\Gamma-(\varsigma-\mu\varsigma')v)=\qquad&+(8.63017)\cos \text{I}+(8.19058)\cos \text{II}\\
&+(7.48530)\cos \text{III},\\
\eta'\sin(\pi'-\Gamma-(\varsigma-\mu\varsigma')v)=\qquad&+(8.63017)\sin \text{I}+(8.19058)\sin \text{II}\\
&+(7.48530)\sin \text{III},
\end{aligned}
\qquad (57)
$$

$$k_1 = (9.44188) - (7.27223)\cos \mathrm{I} + (6.55822)\cos \mathrm{II} - (6.15719)\cos \mathrm{III} - (4.73028)\cos(\mathrm{II}-\mathrm{I}) - (5.47663)\cos(\mathrm{III}-\mathrm{I}) - (3.97774)\cos(\mathrm{III}-\mathrm{II}),$$

$$q = \tfrac{1}{4} k_1 + \tfrac{1}{16} k_1^3 + \tfrac{17}{512} k_1^5 + \tfrac{45}{2048} k_1^7 + \cdots,$$

$$16 \left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q = 1 - \tfrac{1}{4} k_1^2 - \tfrac{11}{128} k_1^4 - \tfrac{25}{512} k_1^6 - \cdots,$$

$\Gamma = 169^\circ\,19'8$ $\log(\varsigma - \sigma') = 7.11362$ $\mathrm{I} = (\sigma' - \varsigma)v + 216^\circ\,33'9$

$\log \varsigma = 7.11922$ $(\varsigma - \sigma'') = 7.08476$ $\mathrm{II} = (\sigma'' - \varsigma)v + 137\ 25.4$

$\log(\delta + \varsigma) = 8.42172$ $(\varsigma - \sigma''') = 7.11501$ $\mathrm{III} = (\sigma''' - \varsigma)v + 288\ 31.7$

$\log(\delta + \mu\varsigma') = 8.39981$ $(\sigma'' - \sigma') = 5.92177$

$(\sigma''' - \sigma') = 4.62172\,n$

$(\sigma''' - \sigma'') = 5.94300\,n,$

$$\sin\iota \cos(\sigma - E) = (8.92381) + (8.43925)\cos 1 + (7.93906)\cos 2 + (7.18343)\cos 3 + (7.07842)\cos 4,$$

$$\sin\iota \sin(\sigma - E) = + (8.43925)\sin 1 + (7.93906)\sin 2 + (7.18343)\sin 3 + (7.07842)\sin 4,$$

$E = 338^\circ\ 3'1$ $1 = \tau v + 128^\circ\ 7'1$

$\log \tau = 6.62468$ $2 = (\tau - \theta'')\ v + 327\ 50.2$

$\log(\tau - \theta'') = 6.48515$ $3 = (\tau - \theta''')\ v + 43\ 32.4$

$(\tau - \theta''') = 6.62119$ $4 = (\tau - \theta^{IV})\ v + 156\ 57.6$

$(\tau - \theta^{IV}) = 6.61015$

$$\nu = -\tfrac{4}{3}\rho_2,$$

$$\sin j = \frac{\sin\iota}{\sqrt[4]{1+\nu}},$$

$$l = v - \frac{1}{1+\tau} tg^2 \tfrac{j}{2} \sin 2\left((1+\tau)v - \sigma\right),$$

$$\zeta = \sin b = \sin j \sin\left((1+\tau)v - \sigma\right),$$

$$\rho = \rho_1 + \rho_2,$$

$$r = \frac{a(1-\eta_1^2)}{1+\rho}\sqrt[4]{1+\nu},$$

$$\log a = 0.50768,$$

$$x_1 = r\cos b\cos l,\quad y_1 = r\cos b\sin l,\quad z_1 = r\sin b.$$

Zur vorstehenden Zusammenstellung der Resultate haben wir nur zu bemerken, dass die Coefficienten in der Formel für t in Graden ausgedrückt sind. Der Deutlichkeit wegen erwähnen wir, dass, was die von der Anziehung des Jupiters herrührenden Glieder betrifft, das in cos I multiplicirte Glied den Coefficienten: $+35^{\circ}209$, das in cos (III—I) multiplicirte, sehr langsam veränderliche Glied, den Coefficienten $+71^{\circ}545$ hat; der Werth des Coefficienten von $\sin\left((\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G+2\mathfrak{H}\right)$ ist im Maximum ungefähr $16^{\circ}648$.

28. Die vorstehenden Formeln sind nicht sehr übersichtlich; es schien desshalb angemessen, die erhaltenen Resultate in eine anschaulichere Form zu bringen durch die Berechnung von geeignet gewählten Specialwerthen der elliptischen, osculirenden Elemente nach den Formeln des Paragraphen 24. Man sieht aus der Zusammenstellung der Resultate, dass die grössten Glieder, bezüglich Gliedercomplexe, der Ausdrücke für t, für ϱ_1 und für ϱ_2 Argumente haben, deren Differenz gleich:

$$U = (\delta+\varsigma)\,v+2\,\frac{\pi}{2K}\,G+\pi-\Gamma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ist. Da also die fraglichen Glieder sich um ihren vollen Betrag vergrössern oder verkleinern, je nachdem ob U ein gerades oder ungerades Vielfaches von 180° wird, schien es angemessen, um neben den langsam fortschreitenden, durch die elementären Glieder hervorgerufenen Veränderungen, möglichst starke, schneller verlaufende Schwankungen der elliptischen osculirenden Elemente zu erhalten, solche Werthe von v zu wählen, welche U abwechselnd einem geraden und einem ungeraden Vielfachen von 180° gleich machten. Es wurden, um die Wurzeln der Gleichung:

$$U = p\cdot 180^{\circ} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

zu ermitteln, die Werthe von U in Intervallen von 20.000° von -40.000° bis $+120.000^{\circ}$ berechnet, und damit durch Interpolation die Wurzeln v gesucht. Es fand sich so, dass den Werthen $p = 0, 1, 2, 7, 14, 21, 28, 35$ die folgenden Werthe von v entsprechen:

$$\left.\begin{array}{c} v = 1774^{\circ}8,\ 8703^{\circ}5,\ 15632^{\circ}5,\ 50274^{\circ}6,\ 98348^{\circ}5,\ 145345^{\circ}6,\ 192018^{\circ}5, \\ 239578^{\circ}5 \end{array}\right\} . \quad (3)$$

Die drei ersten Werthe v entsprechen drei aufeinanderfolgenden Wurzeln der Gleichung (2), während zwischen allen Werthen mit Ausnahme des zweiten und dritten sechs Wurzeln weggelassen sind, für welche, abgesehen von den durch die elementären Glieder veranlassten, langsam fortschreitenden Veränderungen der Elemente, Schwankungen stattfinden, welche den für die berücksichtigten Werthe (3) von v erhaltenen Veränderungen in Bezug auf die Grösse gleichstehen. Die Werthe von v, mit Ausnahme des zweiten und dritten, sind mit roher Näherung gleichförmig auf einen Umlauf der Apsiden vertheilt und nur sechs Werthe sind gewählt worden, weil diese erstens zur Veranschaulichung der Resultate genügen und weil sodann die Darstellung der abzuleitenden

osculirenden Bahnen durch eine Zeichnung im Interesse der Deutlichkeit eine grössere Zahl unräthlich erscheinen liess[1]).

Im Folgenden geben wir die Hauptmomente der Berechnung der den Werthen (3) entsprechenden osculirenden Elemente an:

(4)

$-\varsigma\ v =$	$-\ 2°20'.1$	$-\ 11°27'.2$	$-\ 20°34'.3$	$-\ 66°\ 9'.4$	$-\ 129°24'.9$	$-\ 191°15'.5$	$-\ 252°40'.3$	$-\ 315°15'.7$
$(\sigma' - \varsigma)\ v =$	$-\ 2\ 18.3$	$-\ 11\ 18.4$	$-\ 20\ 18.4$	$-\ 65\ 18.5$	$-\ 127\ 45.4$	$-\ 188\ 48.5$	$-\ 249\ 26.1$	$-\ 311\ 13.3$
$(\sigma'' - \varsigma)\ v =$	$-\ 2\ 9.4$	$-\ 10\ 34.7$	$-\ 19\ 0.1$	$-\ 61\ 6.6$	$-\ 119\ 32.5$	$-\ 176\ 40.1$	$-\ 233\ 24.0$	$-\ 291\ 12.8$
$(\sigma''' - \varsigma)\ v =$	$-\ 2\ 18.8$	$-\ 11\ 20.5$	$-\ 20\ 22.3$	$-\ 65\ 31.1$	$-\ 128\ 9.9$	$-\ 189\ 24.8$	$-\ 250\ 14.1$	$-\ 312\ 13.3$
$2\frac{\pi}{2K}\ G =$	$-\ 40\ 42.7$	$-\ 46\ 37.0$	$-\ 52\ 42.1$	$-\ 80\ 41.3$	$-\ 91\ 28.3$	$-\ 61\ 20.7$	$-\ 20\ 22.7$	$-\ 9\ 26.6$
$\log \eta =$	8.91234	8.90544	8.90267	8.94739	9.05567	9.10651	9.08996	9.00196
$\pi - \Gamma =$	$-\ 6°\ 9'.9$	$-\ 3°14'.0$	$-\ 0°\ 7'.1$	$+\ 13°\ 5'.2$	$+\ 14°22'.7$	$+\ 3°11'.5$	$-\ 10°15'.8$	$-\ 17°\ 7'.3$
$U = (\delta + \varsigma)\ v + 2\frac{\pi}{2K} G + \pi - \Gamma =$	$-\ 0\ 0.6$	$+179\ 59.0$	$+359\ 59.4$	$+1260\ 0.1$	$+2520\ 0.1$	$+3779\ 59.8$	$+5040\ 0.1$	$+6299\ 59.9$
$\log \eta' =$	8.68289	8.68419	8.68544	8.69166	8.69991	8.70755	8.71470	8.72156
$\pi' - \Gamma - (\varsigma - \sigma')\ v =$	$+199°27'.0$	$+190°31'.7$	$+181°36'.7$	$+137°2'.5$	$+\ 75°14'.3$	$+\ 14°51'.8$	$-\ 45°\ 3'.1$	$-\ 106°\ 4'.2$
$\log \frac{\beta}{\alpha} =$	9.68345	9.68236	9.68207	9.69218	9.72089	9.73690	9.73005	9.70278
$2\mathfrak{d} =$	$-\ 1°49'.1$	$-\ 0°49'.8$	$+\ 0°11'.3$	$+\ 4°43'.5$	$+\ 5°58'.7$	$+\ 1°17'.3$	$-\ 4°43'.0$	$-\ 6°33'.7$
$\log k_1 =$	9.44383	9.44415	9.44442	9.44474	9.44256	9.43974	9.43915	9.44139
$\log q =$	8.85043	8.85076	8.85103	8.85138	8.84910	8.84617	8.84555	8.84789
$\log 16 \left(\frac{\pi}{2kK}\right)^2 q =$	9.99130	9.99129	9.99127	9.99126	9.99135	9.99147	9.99149	9.99140
$\log \rho_1 =$	9.02554*n*	8.37475*n*	8.92471	8.80465	8.77686*n*	8.18216*n*	7.90634	8.39458
$\log \frac{d\rho_1}{dv} =$	8.30060*n*	8.71829	8.80967	8.20496	9.10306*n*	9.01455	9.17408*n*	8.86374*n*
$\log \rho_2 =$	7.79126	7.84745*n*	7.78482	7.86044*n*	7.91319	7.91688*n*	7.94696	7.87744*n*
$\tau\ v =$	$+\ 0°44'.9$	$+\ 3°40'.0$	$+\ 6°35'.2$	$+\ 21°11'.1$	$+\ 41°26'.5$	$+\ 61°14'.8$	$+\ 80°54'.8$	$+\ 100°57'.4$
$(\tau - \theta'')\ v =$	$+\ 0\ 32.5$	$+\ 2\ 39.6$	$+\ 4\ 46.6$	$+\ 15\ 21.8$	$+\ 30\ 3.3$	$+\ 44\ 25.0$	$+\ 58\ 40.8$	$+\ 73\ 12.9$
$(\tau - \theta''')\ v =$	$+\ 0\ 44.5$	$+\ 3\ 38.3$	$+\ 6\ 32.1$	$+\ 21\ 0.9$	$+\ 41\ 6.6$	$+\ 60\ 45.4$	$+\ 80\ 16.0$	$+\ 100\ 8.9$
$(\tau - \theta^{IV})\ v =$	$+\ 0\ 43.4$	$+\ 3\ 32.8$	$+\ 6\ 22.3$	$+\ 20\ 29.3$	$+\ 40\ 4.7$	$+\ 59\ 13.9$	$+\ 78\ 15.1$	$+\ 97\ 38.0$

1) Mit den Resultaten einer früheren Approximation, die in Folge eines von mir begangenen Schreibfehlers in einer Formel nicht richtig waren, habe ich 12 Bahnen für einen Umlauf der Apsiden eingezeichnet. Diese Zeichnung erwies sich als überladen und in Folge dessen nicht anschaulich. Ich erwähne dieses Umstandes hier wesentlich, um mit bestem Danke der freundlichen Hülfe zu gedenken, die mir die Herren V. Wellmann und M. Brendel, welche sich, um Herrn Gyldén's Vorlesungen zu hören, in Stockholm aufhielten durch Berechnung des grösseren Theiles der für die Zeichnung nöthigen Daten gewährt haben, und mein Bedauern auszusprechen, dass mich der erwähnte Umstand verhindert hat, ihre Resultate zu verwerthen.

$\sin \iota =$	8.88245	8.87613	8.86987	8.84053	8.81169	8.80589	8.82444	8.86059
$\sigma - E =$	+ 13°56′.1	+ 13°38′.9	+ 13°18′.5	+ 10°46′.8	+ 5° 9′.6	− 1°39′.9	− 7°54′.3	− 12°11′.4
$\log \varphi =$	8.33421n	8.86201	8.19738	8.83991n	8.71557	8.02531n	8.79536n	8.72047n
$\log \frac{d\varphi}{dv} =$	8.86451	8.27589	8.86001n	7.56621n	8.58861n	8.80002	8.37365n	8.69934
$\log e =$	9.03042	8.76194	9.02259	8.82110	9.14315	9.02277	9.17085	8.89069
$P =$	165°28′.2	177°53′.3	189°59′.9	248°42′.6	313°14′.4	3°58′.1	51°35′.4	107°15′.2
$\log p =$	0.50117	0.50892	0.50136	0.50844	0.49726	0.50529	0.49590	0.50763
$\log A =$	0.50619	0.51037	0.50621	0.51035	0.50574	0.51014	0.50554	0.51026
$N =$	617″.63	608″.79	617″.59	608″.82	618″.59	609″.26	619″.01	609″.00
$\sin j =$	8.88351	8.87512	8.87092	8.83948	8.81294	8.80487	8.82574	8.85959
$\theta =$	351°13′.9	348° 2′.3	344°46′.1	327°38′.9	301°45′.5	275° 8′.2	249°14′.5	224°53′.6

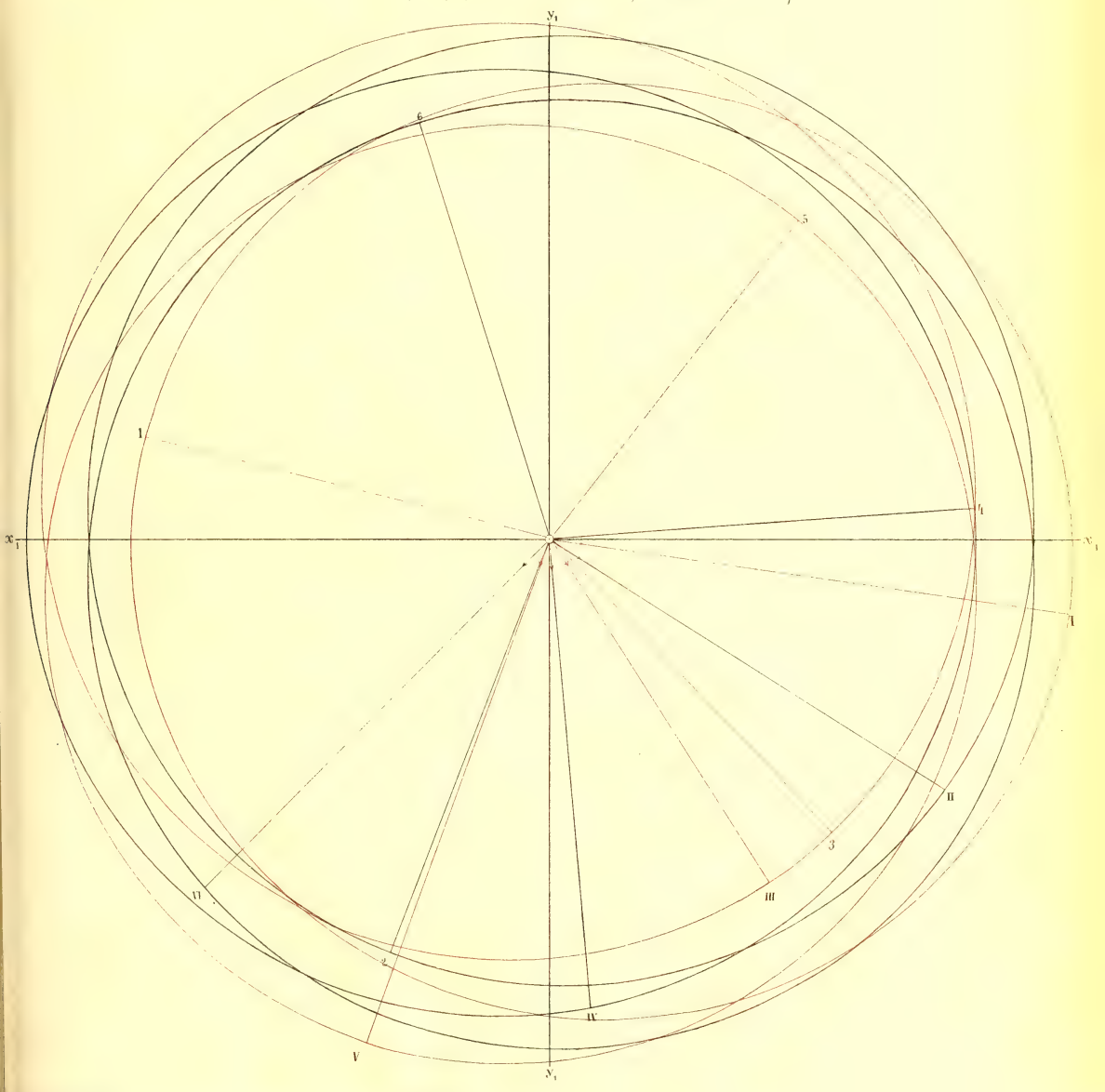
Für die Zeichnung wurde die Projection von sechs Bahnen, indem die zweite und dritte unberücksichtigt blieb, auf die Fundamentalebene, die Ekliptik von 1850 Januar 1, mttl. Zt. Paris, gewählt. Für jede Ellipse wurden die Werthe der Coordinaten $x_1 = r \cos b \cos l$ und $y_1 = r \cos b \sin l$ für 36 Punkte bestimmt, nämlich für die Punkte $v - P = 0°, 10°, 20°$ etc. und die Curven mit möglichst stetiger Krümmung durch diese Punkte hindurchgelegt. Der Deutlichkeit wegen sind die von der Kreisform möglichst stark abweichenden Bahnen 1, 3, 5 roth, die der Kreisform möglichst nahe liegenden Bahnen 2, 4, 6 schwarz gezeichnet. Die Reihenfolge der Bahnen ist durch arabische Zahlen im Perihele, welches durch die nicht mit Pfeilen versehene Verbindungslinie mit dem Sonnenschwerpunkte gekennzeichnet ist, angegeben. Ausserdem ist für jede Bahn noch eine vom Sonnenschwerpunkte ausgehende, bis zur Bahn verlaufende Linie mit einem Pfeile eingetragen. Diese Linien bezeichnen die Knotenlinien, deren Reihenfolge durch römische Zahlen, im aufsteigenden Knoten angedeutet ist und die Länge der in ihnen vom Sonnenschwerpunkte aus abgetragenen Pfeile bezeichnet die Grösse:

$$z^0_1 = \frac{p \sin j}{1 + e \sin (P - \theta)},$$

d. h. die Grösse der z_1-Coordinate in dem Punkte der Bahn, dessen heliocentrischer Abstand vom aufsteigenden Knoten im Sinne der Bewegung, entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers, 90° beträgt. Die Länge des unten stehenden grossen Pfeiles bezeichnet die grosse Axe der Jupiterbahn. Der Maassstab ist so gewählt, dass die grosse Axe der Erdbahn die Länge von $6^{cm.}$ hat.

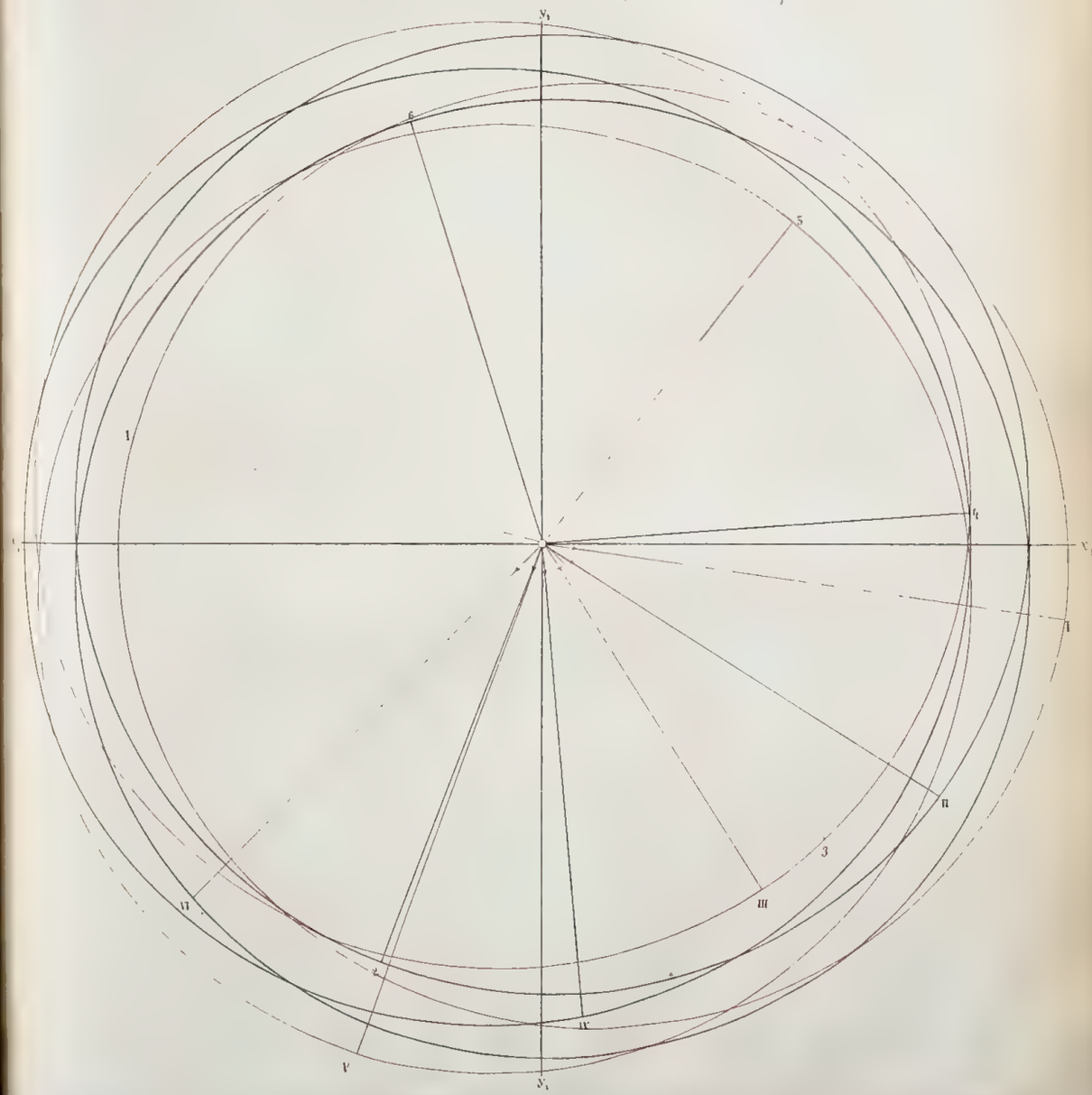
Wir stellen im Folgenden noch die Daten zusammen, welche zur Construction der Zeichnung gedient haben; die angegebenen Werthe sind in Centimetern ausgedrückt:

1		2		3		4		5		6	
x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1
— 8.317	+ 2.153	— 3.282	— 8.435	+ 5.667	— 6.031	+ 8.649	+ 0.600	+ 5.082	+ 6.414	— 2.642	+ 8.540
— 8.576	+ 0.681	— 1.767	— 8.887	+ 6.638	— 4.966	+ 8.425	+ 2.098	+ 3.901	+ 7.213	— 4.091	+ 7.957
— 8.601	— 0.818	— 0.195	— 9.088	+ 7.437	— 3.759	+ 7.968	+ 3.548	+ 2.608	+ 7.826	— 5.430	+ 7.145
— 8.387	— 2.311	+ 1.394	— 9.029	+ 8.047	— 2.432	+ 7.283	+ 4.915	+ 1.224	+ 8.238	— 6.626	+ 6.123
— 7.934	— 3.766	+ 2.960	— 8.708	+ 8.448	— 1.010	+ 6.381	+ 6.168	— 0.225	+ 8.434	— 7.647	+ 4.913
— 7.245	— 5.146	+ 4.463	— 8.128	+ 8.626	+ 0.481	+ 5.278	+ 7.272	— 1.712	+ 8.402	— 8.464	+ 3.540
— 6.328	— 6.415	+ 5.859	— 7.300	+ 8.565	+ 2.009	+ 3.994	+ 8.196	— 3.205	+ 8.132	— 9.050	+ 2.036
— 5.197	— 7.535	+ 7.109	— 6.238	+ 8.253	+ 3.540	+ 2.553	+ 8.908	— 4.668	+ 7.615	— 9.381	+ 0.438
— 3.873	— 8.470	+ 8.172	— 4.967	+ 7.682	+ 5.035	+ 0.987	+ 9.378	— 6.062	+ 6.848	— 9.439	— 1.214
— 2.382	— 9.181	+ 9.010	— 3.516	+ 6.851	+ 6.448	— 0.665	+ 9.580	— 7.343	+ 5.834	— 9.212	— 2.872
— 0.761	— 9.634	+ 9.592	— 1.923	+ 5.765	+ 7.729	— 2.358	+ 9.493	— 8.463	+ 4.584	— 8.695	— 4.487
+ 0.946	— 9.802	+ 9.888	— 0.233	+ 4.441	+ 8.828	— 4.040	+ 9.104	— 9.371	+ 3.121	— 7.892	— 6.007
+ 2.685	— 9.661	+ 9.880	+ 1.502	+ 2.908	+ 9.693	— 5.654	+ 8.408	— 10.020	+ 1.480	— 6.819	— 7.376
+ 4.397	— 9.199	+ 9.559	+ 3.225	+ 1.207	+ 10.273	— 7.138	+ 7.415	— 10.363	— 0.293	— 5.501	— 8.544
+ 6.017	— 8.419	+ 8.926	+ 4.877	— 0.605	+ 10.528	— 8.432	+ 6.147	— 10.366	— 2.134	— 3.977	— 9.461
+ 7.478	— 7.336	+ 7.995	+ 6.398	— 2.461	+ 10.429	— 9.477	+ 4.639	— 10.010	— 3.971	— 2.294	— 10.086
+ 8.717	— 5.983	+ 6.794	+ 7.730	— 4.282	+ 9.962	— 10.224	+ 2.945	— 9.288	— 5.722	— 0.512	— 10.391
+ 9.677	— 4.407	+ 5.361	+ 8.822	— 5.987	+ 9.136	— 10.635	+ 1.128	— 8.221	— 7.306	+ 1.305	— 10.356
+ 10.315	— 2.670	+ 3.748	+ 9.632	— 7.497	+ 7.979	— 10.686	— 0.741	— 6.850	— 8.646	+ 3.088	— 9.980
+ 10.602	— 0.842	+ 2.013	+ 10.128	— 8.744	+ 6.541	— 10.376	— 2.585	— 5.235	— 9.678	+ 4.769	— 9.276
+ 10.529	+ 1.001	+ 0.221	+ 10.294	— 9.672	+ 4.889	— 9.179	— 4.328	— 3.452	— 10.358	+ 6.286	— 8.272
+ 10.105	+ 2.785	— 1.564	+ 10.128	— 10.250	+ 3.098	— 8.745	— 5.903	— 1.585	— 10.663	+ 7.583	— 7.007
+ 9.354	+ 4.440	— 3.277	+ 9.638	— 10.463	+ 1.251	— 7.502	— 7.251	+ 0.283	— 10.594	+ 8.616	— 5.535
+ 8.317	+ 5.908	— 4.860	+ 8.851	— 10.320	— 0.575	— 6.046	— 8.329	+ 2.072	— 10.172	+ 9.355	— 3.912
+ 7.045	+ 7.142	— 6.261	+ 7.800	— 9.845	— 2.310	— 4.438	— 9.108	+ 3.718	— 9.433	+ 9.782	— 2.201
+ 5.593	+ 8.109	— 7.438	+ 6.528	— 9.077	— 3.894	— 2.744	— 9.574	+ 5.167	— 8.428	+ 9.894	— 0.462
+ 4.020	+ 8.791	— 8.362	+ 5.083	— 8.062	— 5.284	— 1.024	— 9.728	+ 6.383	— 7.209	+ 9.698	+ 1.247
+ 2.382	+ 9.181	— 9.010	+ 3.516	— 6.851	— 6.448	+ 0.665	— 9.580	+ 7.343	— 5.834	+ 9.212	+ 2.872
+ 0.734	+ 9.283	— 9.374	+ 1.879	— 5.493	— 7.365	+ 2.273	— 9.152	+ 8.038	— 4.354	+ 8.464	+ 4.368
— 0.879	+ 9.108	— 9.450	+ 0.223	— 4.038	— 8.027	+ 3.759	— 8.470	+ 8.467	— 2.820	+ 7.484	+ 5.696
— 2.412	+ 8.677	— 9.247	— 1.405	— 2.530	— 8.433	+ 5.088	— 7.566	+ 8.637	— 1.275	+ 6.309	+ 6.824
— 3.830	+ 8.013	— 8.778	— 2.962	— 1.009	— 8.587	+ 6.232	— 6.474	+ 8.561	+ 0.242	+ 4.978	+ 7.730
— 5.103	+ 7.141	— 8.064	— 4.406	+ 0.489	— 8.501	+ 7.172	— 5.228	+ 8.253	+ 1.699	+ 3.530	+ 8.397
— 6.207	+ 6.089	— 7.127	— 5.704	+ 1.932	— 8.187	+ 7.892	— 3.863	+ 7.732	+ 3.067	+ 2.005	+ 8.814
— 7.121	+ 4.888	— 5.997	— 6.824	+ 3.292	— 7.660	+ 8.381	— 2.414	+ 7.017	+ 4.323	+ 0.442	+ 8.976
— 7.828	+ 3.565	— 4.704	— 7.741	+ 4.545	— 6.935	+ 8.635	— 0.916	+ 6.127	+ 5.445	— 1.119	+ 8.883
$z^0_1 \cos\theta =$	+ 0.7113	+ 0.6039		+ 0.3138		+ 0.0496		— 0.2134		— 0.5317	
$z^0_1 \sin\theta =$	— 0.1097	— 0.3825		— 0.5070		— 0.5521		— 0.5630		— 0.5297	



Sechs osculirende Ellipsen von Hecuba (108).

1		2		3		4		5		6	
x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1	x_1	y_1
— 8.317	+ 2.153	— 3.282	— 8.435	+ 5.667	— 6.031	+ 8.649	+ 0.600	+ 5.082	+ 6.414	— 2.642	+ 8.540
— 8.576	+ 0.681	— 1.767	— 8.887	+ 6.638	— 4.966	+ 8.425	+ 2.098	+ 3.901	+ 7.213	— 4.091	+ 7.957
— 8.601	— 0.818	— 0.195	— 9.088	+ 7.437	— 3.759	+ 7.968	+ 3.548	+ 2.608	+ 7.826	— 5.430	+ 7.145
— 8.387	— 2.311	+ 1.394	— 9.029	+ 8.047	— 2.432	+ 7.283	+ 4.915	+ 1.224	+ 8.238	— 6.626	+ 6.123
— 7.934	— 3.766	+ 2.960	— 8.708	+ 8.448	— 1.010	+ 6.381	+ 6.168	— 0.225	+ 8.434	— 7.647	+ 4.913
— 7.245	— 5.146	+ 4.463	— 8.128	+ 8.626	+ 0.481	+ 5.278	+ 7.272	— 1.712	+ 8.402	— 8.464	+ 3.540
— 6.328	— 6.415	+ 5.859	— 7.300	+ 8.565	+ 2.009	+ 3.994	+ 8.196	— 3.205	+ 8.132	— 9.050	+ 2.036
— 5.197	— 7.535	+ 7.109	— 6.238	+ 8.263	+ 3.540	+ 2.553	+ 8.908	— 4.668	+ 7.615	— 9.381	+ 0.438
— 3.873	— 8.470	+ 8.172	— 4.967	+ 7.682	+ 5.035	+ 0.987	+ 9.378	— 6.062	+ 6.848	— 9.439	— 1.214
— 2.382	— 9.181	+ 9.010	— 3.516	+ 6.851	+ 6.448	— 0.665	+ 9.580	— 7.343	+ 5.834	— 9.212	— 2.872
— 0.761	— 9.634	+ 9.592	— 1.923	+ 5.765	+ 7.729	— 2.358	+ 9.493	— 8.463	+ 4.584	— 8.695	— 4.487
+ 0.946	— 9.802	+ 9.888	— 0.233	+ 4.441	+ 8.828	— 4.040	+ 9.104	— 9.371	+ 3.121	— 7.892	— 6.007
+ 2.685	— 9.661	+ 9.980	+ 1.502	+ 2.908	+ 9.693	— 5.654	+ 8.408	— 10.020	+ 1.480	— 6.819	— 7.376
+ 4.397	— 9.199	+ 9.559	+ 3.225	+ 1.207	+ 10.273	— 7.138	+ 7.415	— 10.363	— 0.293	— 5.501	— 8.544
+ 6.017	— 8.419	+ 8.926	+ 4.877	— 0.605	+ 10.528	— 8.432	+ 6.147	— 10.366	— 2.134	— 3.977	— 9.461
+ 7.478	— 7.336	+ 7.995	+ 6.398	— 2.461	+ 10.429	— 9.477	+ 4.639	— 10.010	— 3.971	— 2.294	— 10.086
+ 8.717	— 5.983	+ 6.794	+ 7.730	— 4.282	+ 9.962	— 10.224	+ 2.945	— 9.288	— 5.722	— 0.512	— 10.391
+ 9.677	— 4.407	+ 5.361	+ 8.822	— 5.987	+ 9.136	— 10.635	+ 1.128	— 8.221	— 7.306	+ 1.305	— 10.356
+ 10.315	— 2.670	+ 3.748	+ 9.632	— 7.497	+ 7.979	— 10.686	— 0.741	— 6.850	— 8.646	+ 3.088	— 9.980
+ 10.602	— 0.842	+ 2.013	+ 10.128	— 8.744	+ 6.541	— 10.376	— 2.585	— 5.235	— 9.678	+ 4.769	— 9.276
+ 10.529	+ 1.001	+ 0.221	+ 10.294	— 9.672	+ 4.889	— 9.179	— 4.328	— 3.452	— 10.358	+ 6.286	— 8.272
+ 10.105	+ 2.785	— 1.564	+ 10.128	— 10.250	+ 3.098	— 8.745	— 5.903	— 1.585	— 10.663	+ 7.583	— 7.007
+ 9.354	+ 4.440	— 3.277	+ 9.638	— 10.463	+ 1.251	— 7.502	— 7.251	+ 0.283	— 10.594	+ 8.616	— 5.535
+ 8.317	+ 5.908	— 4.860	+ 8.851	— 10.320	— 0.575	— 6.046	— 8.329	+ 2.072	— 10.172	+ 9.355	— 3.912
+ 7.045	+ 7.142	— 6.261	+ 7.800	— 9.845	— 2.310	— 4.438	— 9.108	+ 3.718	— 9.433	+ 9.782	— 2.201
+ 5.593	+ 8.109	— 7.438	+ 6.528	— 9.077	— 3.894	— 2.744	— 9.574	+ 5.167	— 8.428	+ 9.894	— 0.462
+ 4.020	+ 8.791	— 8.362	+ 5.083	— 8.062	— 5.284	— 1.024	— 9.728	+ 6.383	— 7.209	+ 9.698	+ 1.247
+ 2.382	+ 9.181	— 9.010	+ 3.516	— 6.851	— 6.448	+ 0.665	— 9.580	+ 7.343	— 5.834	+ 9.212	+ 2.872
+ 0.734	+ 9.283	— 9.374	+ 1.879	— 5.493	— 7.365	+ 2.273	— 9.152	+ 8.038	— 4.354	+ 8.464	+ 4.368
— 0.879	+ 9.108	— 9.450	+ 0.223	— 4.038	— 8.027	+ 3.759	— 8.470	+ 8.467	— 2.820	+ 7.434	+ 5.696
— 2.412	+ 8.677	— 9.247	— 1.405	— 2.530	— 8.433	+ 5.088	— 7.566	+ 8.637	— 1.275	+ 6.309	+ 6.824
— 3.830	+ 8.013	— 8.778	— 2.962	— 1.009	— 8.587	+ 6.232	— 6.474	+ 8.561	+ 0.242	+ 4.978	+ 7.730
— 5.103	+ 7.141	— 8.064	— 4.406	+ 0.489	— 8.501	+ 7.172	— 5.228	+ 8.258	+ 1.699	+ 3.530	+ 8.397
— 6.207	+ 6.089	— 7.127	— 5.704	+ 1.932	— 8.187	+ 7.892	— 3.863	+ 7.732	+ 3.067	+ 2.005	+ 8.814
— 7.121	+ 4.888	— 5.997	— 6.824	+ 3.292	— 7.660	+ 8.381	— 2.414	+ 7.017	+ 4.323	+ 0.442	+ 8.976
— 7.828	+ 3.565	— 4.704	— 7.741	+ 4.545	— 6.935	+ 8.635	— 0.916	+ 6.127	+ 5.445	— 1.119	+ 8.883
$x^0_1 \cos\theta$ =	+ 0.7113	+ 0.6089		+ 0.3138		+ 0.0496		— 0.2134		— 0.5317	
$x^0_1 \sin\theta$ =	— 0.1097	— 0.3825		— 0.5070		— 0.5521		— 0.5630		— 0.5297	



Sechs osculirende Ellipsen von Hecuba (108).

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 13 ET DERNIER.

KRITISCHE VERSUCHE
ZUR
ÄLTESTEN GRIECHISCHEN GESCHICHTE.

I.
KYPROS UND DER URSPRUNG DES APHRODITEKULTUS.

VON
Alex. Enmann.

LIBRARY OF CONGRESS
172720
AUG 29 1887
SMITHSONIAN DEPOS

(*Lu le 14 Octobre 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:
à St.-Pétersbourg: MM. Eggers & Cie et J. Glasounof; à Riga: M. N. Kymmel; à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel).
Prix: 75 Kop. = 2 Mark 50 Pf.

MÉMOIRES
DE
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG, VIIE SÉRIE.
TOME XXXIV, N° 13 ET DERNIER.

KRITISCHE VERSUCHE
ZUR
ÄLTESTEN GRIECHISCHEN GESCHICHTE.

I.
KYPROS UND DER URSPRUNG DES APHRODITEKULTUS.

VON
Alex. Enmann.

(*Lu le 14 Octobre 1886.*)

ST.-PÉTERSBOURG, 1886.
Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences:
à St.-Pétersbourg: MM. Eggers & Cie et J. Glasounof
à Riga: M. N. Kymmel;
à Leipzig: Voss' Sortiment (G. Haessel.)
Prix: 75 Kop. = 2 Mark 50 Pf.

Imprimé par ordre de l'Académie Impériale des sciences.
Décembre 1886. C. Vessélofsky, Secrétaire perpétuel.

Imprimerie de l'Académie Impériale des sciences.
Vass.-Ostr., 9 ligne, № 12.

So vielfältig sich in der religionsgeschichtlichen Forschung die Meinungen auch kreuzen, so scheint doch über den Ursprung des Aphroditekultes ein befriedigendes Einverständniss erzielt zu sein. Die noch heute herrschende Ansicht ist alt, fast so alt wie die Anfänge der Forschung über die Religionen des Alterthums überhaupt. Es gab eine Zeit, wo man sämmtliche Gottheiten der Hellenen als Erfindungen orientalischer Völker ansah. Diese Zeit darf als eine vergangene gelten und ihre Anschauungsweise lebt heute nur noch gelegentlich in phantasievollen Geschichtsconstructionen wieder auf. Eine neue Periode begann, in der man die Vorbilder der Olympier nicht mehr in semitischen Gottesdiensten, sondern bei weit entfernt wohnenden indogermanischen Stammesvettern suchte. Auch diese Richtung kann schon auf eine Reihe verblasster Hypothesen zurückschauen. Strenge Hellenisten suchten unterdessen die Eingriffe jeder fremden Religionsvergleichung abzuwehren. Unberührt von allen diesen Strömungen steht wie in den Tagen Creuzer's, seiner Vorgänger und Nachfolger, die Ansicht da, Aphrodite, die goldene holdselig lächelnde Göttin Homer's, sei kein Erzeugniss hellenischen Glaubens, sondern eine aus Asien nach Hellas übertragene Gottheit, in ihren Anfängen dieselbe Astoreth der Phönizier, welche einst den gotterfüllten Zorn der Propheten Israel's weckte. Gegen diese Meinung hat nur ein Forscher mit Entschiedenheit gestritten, W. H. Engel, der Verfasser des ‚Kultes der Aphrodite'. In der Vorrede zu seinem ‚Kypros', dessen zweiten Band jene gelehrte und bis heute noch nicht ersetzte Monographie füllt, schrieb Engel im Jahre 1841: «In Beziehung auf den Aphroditekult hatte ich reiche Gelegenheit, mich von der Dürftigkeit, ja Unrichtigkeit der gewöhnlichen Ansicht zu überzeugen, wonach man sich mit allgemeinen Redensarten dahin ausspricht, dass die Aphrodite die syrische Astarte sei».

Engel glaubte freilich die ‚alte und hergebrachte Meinung' bald abfertigen zu können. Aber die Folgezeit hätte ihm eine Enttäuschung hierüber nicht erspart. Wählen wir aus der überaus grossen Zahl derjenigen, die nach Engel jene schon früher so angesehene Meinung vertraten, nur einen Zeugen für viele, so sagt Preller (Griech. Myth., 3 Aufl., I, S. 272), der einzige Forscher, dessen Darstellung der griechischen Mythologie ihren Autor

überlebt hat, folgendes: «Eben so gewiss (wie Dione die ältere Liebesgöttin der Hellenen war) und eine der wichtigsten Thatsachen der griechischen Cultur- und Religionsgeschichte ist es, dass Aphrodite d. h. die mit diesem ausländischen Namen benannte Göttin, welche jene einheimische Liebesgöttin der Griechen verdrängt oder absorbirt hat, ursprünglich nicht dem Göttersystem der Griechen, sondern dem der grossen Völkerfamilie semitischer Abstammung angehört, welche von Kleinasien bis Babylon und Arabien verbreitet war und durch Vermittelung der phönikischen und kanaanitischen Küste bekanntlich sehr früh das mittelländische Meer gewann, dessen Handelsverkehr es lange behauptete». Diesen Worten Preller's liesse sich eine grosse Anzahl Aeusserungen von Vertretern verschiedenster Disciplinen der Alterthumswissenschaft anreihen, welche den semitischen Ursprung der Aphrodite mit nicht geringerer Sicherheit als bewiesene Thatsache hinstellen. Abgesehen von den Mythologen, bekunden hierin die Geschichtsschreiber von Hellas eine vollkommene Einigkeit, mit Ausnahme von Grote, der es vorgezogen hat, über diese und ähnliche Fragen, als «by history not knowable» gänzlich zu schweigen. Am willkommensten war die These den Semitisten, vor allem den Erforschern des phönizischen Alterthums, eines Gebietes, welches an echten alten Resten der Ueberlieferung gerade keinen Ueberfluss leidet. So half der Satz Movers ein erstaunliches System religionsgeschichtlicher Spekulation aufbauen und die Erklärer der semitischen Inschriften pflegten zu allen Zeiten das Dunkel der phönizischen Götterlehre durch jene hilfreiche Thatsache zu mindern. Endlich sehen auch die Archäologen, heute angelegentlicher als ehedem mit dem Problem der griechischen Kunstanfänge beschäftigt, hier sich eine feste Brücke von Orient zu Occident schlagen[1]). Solcher

1) Folgende kleine Citatenlese, welche übrigens keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, möge den Stand unserer Frage veranschaulichen. Welcker: Griech. Götterlehre 1857, I, 666. «Die Namensbedeutung dieser Göttin ist nicht sicher bekannt, desto bestimmter ihre Herkunft erkennbar». S. 671 «die asiatische Göttin, die durch den Handelsverkehr in griechischen Seeplätzen eingedrungen ist». S. 674 «der Handelsverkehr der Griechen mit einem grossen Nachbarvolk und die Aufnahme der grossen Göttin desselben unter ihre Religionen in vorgeschichtlichem Alterthum ist unverkennbar». J. A. Hartung: Die Religion und Mythologie der Griechen 1866, Th. III, 3, Cap. 5, (Ueberschrift) «Die Einheit der Aphrodite mit der Asiatin»; S. 112 «Die Aphrodite also oder die kyprische Göttin (Κύπρις) ist dem Namen wie der That nach eins mit der Aschera-Astara-Astoreth, Astarte». E. Curtius: Griech. Gesch., 4 A. I, S. 94 «Die aus fernem Morgenland hinüber verpflanzte Göttin der schaffenden Naturkraft»; dazu S. 48 den Satz: «Wenn auch Aphrodite von Syrien her zu den Griechen kommt, so kommt sie doch nicht als Mylitta oder Astarte, sondern als eine griechische Göttin, sie steigt als Aphrodite aus dem Meere». Schömann: Griech. Alterth. 1873, II, 520 «Was den Kultus der Aphrodite betrifft, so ist dieser nach der allgemeinen und wohlberechtigten Ansicht aus dem Orient zu den Griechen gekommen: Aphrodite ist die grosse Naturgöttin der semitischen Völker, deren Sitz im Himmel u. s. w.» Duncker: Gesch. d. Alterth. 1881, V, S. 43, 44, 45, 49, 51, 53. Fr. Lenormant: Manuel de l'histoire ancienne de l'Orient 1869, III, 134 «Cypre et Cythère avaient reçu des Sidoniens la religion de la déesse-nature syro-phénicienne, de l'Astoreth de Sidon, qui devenue Aphrodite fut portée de là dans toute la Grèce et sur les rivages de l'Italie avec les surnoms de Cypris et de Cytherée». Maspéro: Hist. anc. des peuples de l'Orient 1878, S. 246 «De Crète on passa bientôt à Cythère. Les Phéniciens s'y établirent à demeure et y bâtirent un sanctuaire d'Astarté, le premier peut-être qui eût jamais été élevé en Grèce». Bursian: Ueber den religiösen Character des griechischen Mythos, 1875, S. 5 «Nur einzelne Göttergestalten, wie die phönizische Aphrodite und die phrygische Rhea Kybele haben die Griechen schon in einer frühen Periode von fremden Volksstämmen überkommen». Bernouilli: Aphrodite, ein Baustein zur griechischen Kunstmythologie 1873, S. 1 «Es darf als ein zum Abschluss gebrachtes Ergebniss der mythologischen Forschung betrachtet werden, dass Aphro-

Einstimmigkeit gegenüber könnte der Versuch eines Widerspruches ebenso nutzlos wie vermessen erscheinen. Ein Umstand konnte uns indessen dazu ermuthigen. Durchmustert man nämlich die Literatur, so wird man jener These zwar unzählige Male in der Form einer längst geprüften und erwiesenen Thatsache begegnen. Weiter zeigt es sich, dass nicht unwichtige geschichtliche Folgerungen aller Art mittelbar oder unmittelbar darauf gegründet werden[1]). Einer eingehenden Erwägung der einschlagenden Thatsachen wird man jedoch vergebens nachspüren bis auf die Bemerkungen Engel's. Dieser gründlichste Kenner des Aphroditekultes hat, wie wir sahen, die allgemeine Ansicht nicht nur nicht anerkannt, sondern sich über sie ausserdem mit ungewöhnlich scharfen kritischen Worten ausgesprochen, Worte, welche unseres Wissens nie eine geordnete Widerlegung erfahren haben. Heute würde es nicht genügen, einfach auf Engel zurückzuverweisen, da erstens seitdem manches neu hinzugekommene Material für und wider die These dienen könnte. Zweitens enthielten seine Argumente im Einzelnen Ansichten, welche von vornherein irrthümlich waren. Auf die Gefahr hin, meinem Widerspruche ein ähnliches Fiasco zu bereiten, wie es Engel erlitten zu haben scheint, sei es mir im Interesse der nicht unwichtigen Frage gestattet, die Bedenken gegen die alte und doch neu gebliebene These ausführlicher darzulegen.

---

dite ihrem Ursprunge nach eine orientalische, zunächst syrisch-phönizische und weiterhin mit der babylonischen Mylitta verwandte Gottheit ist». Nägelsbach-Autenrieth: Homerische Theologie, dritte Aufl., 1884, S. 12 «Von Westasien aus kommt Bild und Kult durch die Phöniker nach Griechenland. Man könnte sogar zweifeln, ob jene allgemeine Idee nicht selbständig sich bei den Griechen gerade so gut entwickelt hätte, wenn nicht die stehenden Bezeichnungen Κύπρις in der Ilias, Κυθέρεια in der Odyssee, bestimmt auf phönikische Vermittelung hinwiesen». W. H. Roscher: Ausführlich. Lexikon der Mythologie, 1884, Sp. 390 «Dass der ganze Mythus und Kultus der Aphrodite, wie er uns überliefert und in den gangbaren Handbüchern der griechischen Mythologie dargestellt ist, das Product einer höchst merkwürdigen, frühzeitigen Vermischung griechischer und orientalischer (semitischer) Religion sei, ist zwar schon längst erkannt worden. Dennoch aber hat noch niemand den Versuch gemacht, die orientalischen und die griechischen Vorstellungen im Aphroditensystem streng von einander zu sondern und dadurch das Verständniss des ursprünglichen Wesens dieser Göttin zu fördern». Dem bezeichneten Mangel glaubt der genannte Autor durch Betrachtungen abhelfen zu müssen, die er S. 390—395, «Die orientalische Aphrodite», von da ab, «Die orientalische Aphrodite bei den Griechen» betitelt. W. W. v. Baudissin in Herzog-Plitt's Realencycl., I, S. 722 «dass der Cultus der Aphrodite von den phönizischen Colonieen aus zu den Griechen kam, zeigen deutlich die Beinamen der Göttin: die Cyprische, die Paphische, die Amathusische, die Cytherische». G. Perrot: Histoire de l'art dans l'antiquité, III, p. 69 «Cypre, Cythère, Eryx en Sicile avaient reçu des Sidoniens la religion de la déesse-nature syro-phénicienne; celle-ci, devenue grecque sous le nom d'Aphrodite, gardera chez les poètes classiques les surnoms de Cypris, de Cythérée, d'Erycina, qui sont comme autant de certificats d'orgine». A. Holm: Griechische Geschichte, 1885, S. 121 «Es sind im Vorhergehenden gewisse Religionsformen Griechenlands ohne Weiteres als phönizischen Ursprunges vorausgesetzt worden. Dazu sind wir ohne Zweifel für Aphrodite vollkommen berechtigt, die gewiss durchaus asiatischen Ursprunges ist» Als besonders characteristisch sei endlich auf die einleitenden Worte zum Aufsatze «Le culte de Venus» von H. Hignard (Annales du Musée Guimet I, p. 18) hingewiesen: «L'origine orientale de Venus a paru une *excuse* suffisante pour justifier l'insertion de ce travail dans une publication spécialement consacrée aux langues, aux idées et aux choses de l'Orient».

1) Als Beispiel einer solchen Verwendung mag die gelehrte Abhandlung von K. Tümpel: Ares und Aphrodite, eine Untersuchung über Ursprung und Bedeutung ihrer Verbindung (Abdr. aus dem XI.-Suppl. Bd. d. J. f. cl. Phil. 1880) dienen. Der Verfasser sucht zu erweisen, dass die Verbindung von Ares und Aphrodite dadurch zu Stande gekommen sei, dass in Theben die neue phönizische Göttin an die Stelle einer alten, ursprünglich mit Ares verbundenen alten Nationalgöttin Erinys trat. Die Einwanderung und Verbreitung der Phönizierin bildet also die historische Grundlage dieser ganzen gelehrten Deduktion. An eine Prüfung seiner Basis hat der Verfasser, wie es scheint, auch nicht einmal gedacht.

Die Einführung der Aphrodite verlegt man allgemein in eine vorhistorische Periode, welche überhaupt Zeugin eines tiefgehenden Einflusses der phönizischen Cultur auf Hellas gewesen sein soll. Moderne Darstellungen der ältesten griechischen Geschichte belehren uns über dieses Capitel so eingehend, beschreiben die Lehrmeisterschaft der Phönizier, ihre zahlreichen Ansiedelungen, ihr Leben und Treiben überhaupt, so ausführlich, dass die Leser wohl meinen, die Verehrung der Aphrodite sei noch das Mindeste, was die Hellenen damals von den civilisirenden Fremdlingen empfingen. Hätte man sich nach dem Vorgange des Bochart zur Beigabe anschaulicher historischer Karten entschlossen, so würden dieselben wohl die Küsten von Hellas ähnlich von phönizischen Colonien bedeckt zeigen, wie das Gestade Kleinasiens es nachmals von den ionischen, äolischen und dorischen war. Das Alterthum wusste sich jener uns so geläufigen Thatsachen nicht mehr zu erinnern, denn es kannte auf dem Festlande von Hellas beharrlich nur eine einzige phönizische Ansiedelung oder Gründung, Theben, und gerade diese lag im Binnenlande[1]). Auf den Inseln fügte man freilich noch einige dazu, Thasos[2]), Thera, Oliaros, Kythera, Melos und Itanos auf Kreta[3]).

1) K. O. Müller (Orchomenos und die Minyer S. 111) fand es mit Recht «ganz wunderbar, dass gerade die Stadt Niederlassung eines Handelvolkes sein soll, und zwar soviel man weiss die allererste, die unter allen Städten von Hellas zum Handel am allerungeschicktesten liegt. Vom Meere abgesondert, in dem Thale eingeschlossen, bloss für den Ackerbau erbaut, hatte Theben nicht einmal lebhaften inneren Verkehr und das Gesetz, wenn es auch Philolaos erst gegeben hat, war durchaus in Thebäischem Geiste: dass Niemand Theil haben solle an öffentlichen Würden, wer innerhalb zehn Jahren Handelschaft getrieben».

2) Thasos, Oikist der gleichnamigen Insel, war Herodot (II, 44. VI, 47) zufolge ein Begleiter des Kadmos. Es fragt sich, ob nicht der Bezeichnung τοῦ Θάσου τοῦ Φοίνικος ein ὁ Φοίνικος zu Grunde liegt. Die Lexikographen, Stephanos Byz., Harpokration und das Etymolog. Magnum nennen ihn nämlich einen Sohn des Phoinix, während andere Schriftsteller ihn zum Sohne des Agenor, also zum Bruder des Kadmos machen. Nach K. O. Müller's (a. O. 112 ff.) sehr einleuchtender Vermuthung entstand das Phönizierthum des Kadmos selbst aus einer banalen Verwechselung des Volksnamens Φοῖνιξ mit dem Namen des griechischen Heros, der in der ältesten Fassung der Sage, z. B. in der Ilias (Ξ 321), als Vater der Europa, also auch des Kadmos galt. Aus einer abweichenden Genealogie, wie sie deren bei unzähligen Göttern und Heroen umherliefen, entnahm ein Logograph den Agenor, der nun als Vater τοῦ Κάδμου τοῦ Φοίνικος zu einem phönizischen König wurde, obgleich er ursprünglich ein argivischer Heros war. Natürlich hat man nie bestimmt sagen können, ob dieser Phönizier mit griechischem Namen in Tyros oder Sidon geherrscht hatte (die Stellen bei R. Unger: Thebana paradoxa, S. 12). Kein Wunder, dass eine andere Tradition des Alterthums von dem phönikischen Ursprunge der Stadt oder des Kadmos nichts wusste, sondern beide auf einen alten einheimischen König Ogyges zurückführte (Unger a. O., S. 12). Eine ähnliche Verwirrung rief Thasos der Sohn des Phoinix hervor, wobei die Φοινικικὰ μέταλλα auf der Insel Thasos (Her. VI, 47) und der Ἡρακλῆς Θάσιος in Tyros (Her. II, 44) zur Schürzung des Knotens beitrugen. Auch die Notiz des Stephanos s. v. Ἰτανός πόλις ἐν Κρήτῃ ἀπὸ Ἰτανοῦ Φοίνικος ἢ τῶν Κουρητῶν ἑνος scheint auf dem gleichen Missverständniss zu beruhen. Phoinix, ein Gott oder Heros, wird im Vertrage der Knosier und Drerier (Cauer Delectus[2] S. 121) mit einer Reihe von Gottheiten als Schwurzeuge angerufen. Dieser Phoinix des knosischen Cultes, dessen griechischer Name schon gegen sein Phönizierthum spricht, dürfte wohl als Vater des Itanos, des Heros Eponymos der benachbarten Stadt, gegolten haben. Wir lesen deshalb besser ἀπὸ Ἰτανοῦ τοῦ Φοίνικος wie Stephanos s. v. Κύθηρα schreibt ἀπὸ Κυθήρου τοῦ Φοίνικος, d. h. hat es seinen Namen erhalten.

3) Ausser Eusebios (Hieron. a. Abr. 590), Plinius (IV, 12, 70) und Festus s. v. berichtet noch Steph. Byz., einer gemeinsamen Urquelle folgend, dass Melos phönizische Colonie war, indem er s. v. Μῆλος berichtet: Φοίνικες οὖν οἰκισταὶ πρότερον, ὅθεν καὶ Βυβλὶς ἐκλήθη ἀπὸ τῶν Βυβλίων Φοινίκων. Hier lässt sich deutlich constatiren, wie schlecht erfunden diese Ueberlieferung über phönizische Inselcolonien ist. Stephanos basirt auf der scheinbaren Namensähnlichkeit der Insel mit der phönizischen Stadt. Letztere hiess aber גְּבַל und Βύβλος ist nur eine schlechte Transscription etwa statt Γέβαλος. In Βυβλίς haben wir

Aber auch sie brachte man grösstentheils mit jener Ansiedelung des Kadmos in historischen Zusammenhang, nur weil eben ursprünglich der Tradition kein anderer phönizischer Oikist bekannt war, als dieser. Aehnlich übertrugen die Schriftsteller des Alterthums hypothetisch auf ihn die Erfindung oder Einführung verschiedener Fertigkeiten, denen man phönizische Herkunft beimaass, vor allem die der Buchstabenschrift. Die Ueberlieferung setzt dabei die Existenz des Kadmos als historische Person voraus, unsere modernen Historiker sehen sich dagegen durch die Gebote der Kritik veranlasst, seine Nichtexistenz als selbstverständlich zu betrachten. Freilich hiesse das, auch auf die historische Geltung seiner ganzen wunderbaren Mär verzichten und damit zugleich auf die einzige Ueberlieferung über eine Colonie der Phönizier auf dem griechischen Festlande. Um sich dennoch einen historisch aussehenden Anhalt zu bewahren, greift die moderne Geschichtsspeculation wie in sehr vielen analogen Fällen zu einem Auskunftsmittel, welches die Kritik mit ihrem Gegentheil versöhnt. An die Stelle der nach der alten Ueberlieferung historischen, nach moderner Ueberzeugung unhistorischen Person setzt man eine halbhistorische Figur. Dieser Quasi-Kadmos ist nicht mehr der göttliche Heros, der mit Drachen und Riesen einen Strauss ausficht, noch der Königssohn, welcher nach wunderbaren Abenteuern die Kadmeia erbaut, noch endlich ein phönizischer Heerführer, Kaufmann, entlaufener Koch oder wozu ihn sonst der Witz späterer griechischer Scribenten gemacht hat, sondern ein im Uebrigen wesenloser ‚Repräsentant' des Phönizierthums, gefällig genug, die zeugnisslosen Colonieen in den modernen Geschichtsbüchern mit dem Schimmer historischer Autorität zu umkleiden.

Es leuchtet ein, das Ueberlieferung, antike und moderne Forschung hier auseinander gehen, dass wir mit anderen Worten bezüglich der phönizischen Colonieen nicht auf Beweismittel aus der Tradition, sondern auf den Weg hypothetischer Argumente gewiesen werden. Da nun Aphrodite in der Regel irgendwie und in irgend welcher phönizischen Colonie den Griechen zuerst bekannt geworden sein soll, so ist es geboten, die übliche Annahme phönizischer Colonial-

---

dagegen eine lautlich junge Namensvariante für Μῆλος? Μᾶλος, oder wie die Insel nach der Ueberlieferung auch gehiessen haben soll, Μμαλίς und Μεμβλίς. Μμαλίς, allem Anschein nach eine Deminutivform, ist im Anlaut reduplicirt wie auch Μεμβλίς für Μεμ(α)λίς. Die Form Βυβλίς unterscheidet sich von Μεμβλίς nur durch Erleichterung der schweren Labialis μβ zu β und Verdumpfung des Reduplicationsvokals. Aehnlich verhalten sich Μεμβλίαρος und Βλίαρος, beides nach Stephanos alte Namen der Insel Anaphe, Varianten etwa für * Μαλίαρος. Hierher gehört auch der Inselname Ὠλίαρος (*Ὀαλίαρος gleich Ϝαλίαρος wie Ϝοαξος für das inschriftliche Ϝάξος) mit Uebergang des anlautenden μ in *f* oder umgekehrt. Auch diese Insel giebt Stephanos s. v. für eine Colonie der Sidonier aus. Da derselbe Autor s. v. Ἀνάφη einen Membliaros als Oikisten der Insel Anaphe, des alten Μαλίαρος oder Μεμβλίαρος Βλίαρος, namhaft macht, dieser Mann aber schon bei Herodot (IV, 147, 148) als Begleiter des Kadmos und Oikist von Thera erscheint, so liegt das Phönizierthum aller drei Inseln offenbar in der angeblichen Nationalität jenes Membliaros begründet. Hätten wir alle Genealogien dieses Phöniziers, so würde offenbar die gleiche Confusion zu Tage treten, welche wir schon an mehreren Beispielen wahrnahmen und welcher noch Tzetzes (Chil. XII, 68) die Entdeckung verdankte, dass Phoinix, der Erzieher des Achilleus, die phönizischen Buchstaben erfand. Die Aegyptologen leiten heute das griechische Φοίνικες, wir wissen nicht ob mit vollem Rechte, von einem ägyptischen Fenchu oder Fenehu ab. Dadurch würde der Irrthum der griechischen Historiker noch greller hervortreten, da doch ihr Heroenname Φοῖνιξ eine zahlreiche Sippe altgriechischer Appellativ- und Eigennamen neben sich hat.

thätigkeit in Hellas näher auf ihre Grundlagen hin zu prüfen. Als Ausgangspunkt dient gewöhnlich die allgemeine Thatsache, dass die Phönizier um die Zeit, in welcher die homerischen Epen entstanden, Seehandel nach Griechenland trieben[1]). Die Voraussetzung ist statthaft, dass die Männer von Sidon und Tyros in ähnlicher Weise bereits in vorhomerischen Jahrhunderten an den griechischen Küsten verkehrt hatten. Es liesse sich auch nicht einsehen, warum sie bei ihren Mittelmeerfahrten gerade Hellas vermieden haben sollten, wohin sie noch viele Jahrhunderte später, eigentlich das ganze Alterthum hindurch, handeln. Bedurften die Griechen der homerischen Zeit phönizischer Einfuhr, so mag ihnen solche früher noch willkommener gewesen sein. So zweifellos diese Thatsachen sind, so entsteht die Frage nach dem Character jenes Handelsverkehrs. Der älteste Geschichtsschreiber Europa's, Herodot, beginnt sein Werk mit einem Ueberblick über die Berührungen der asiatischen und hellenischen Welt. Hierbei giebt er gleich im Eingangscapitel ein lebendiges und anschauliches Bild jenes phönikischen Handelsverkehrs. Die fremden Kaufleute, erzählt er bei Gelegenheit des Raubes der Io, landen in der Nähe einer griechischen Stadt, ziehen ihre Schiffe auf's Land und packen ihre Waaren aus. Die Bewohner der Stadt kommen auf die Kunde herbei und nun beginnt am Strande neben den Schiffen ein lebhaftes Handeln, wobei besonders die Frauen angesichts der schönen Sachen aus dem fernen Aegypten und Assyrien das lebhafteste Interesse bekunden. Sind am fünften sechsten Tage die ausgestellten Waaren verkauft oder ist die Kauflust und Neugierde befriedigt, so packen die Phönizier ein und stechen wieder in See. Solche improvisirte Märkte mochte Herodot zu seiner Zeit häufig gesehen haben. Die andeutenden Schilderungen in der Odyssee zeigen, dass der Charakter dieses Handelsverkehrs seit Jahrhunderten sich gleich geblieben war. Mag der Schiffsbazar unter Umständen länger, nach der Erzählung des Eumaios in der Odyssee (ο 455) z. B. bis zum Jahresausgange gedauert haben, so wird in diesen unabsichtlichen und getreuen Berichten dauernde Ansässigkeit der Kaufleute durch nichts angedeutet. Die Schilderungen laufen vielmehr auf eine Art von Hausir- oder Karavanenhandel hinaus, ähnlich wie ihn die Phönizier zu Lande auf dem vorderasiatischen Continente betrieben. Die archäologischen Funde der letzten Jahrzehnte vermögen wenig an diesem Bilde zu ändern. Dehnte man nämlich die phönizische Ursprungsmarke auch auf noch so viele Ueberreste des Kunstgewerbes, welche auf hellenischem Boden gefunden sind, aus, so erklärte sich ihr Vorkommen durch den eben geschilderten Importhandel mehr als genügend. Derartige Ueberreste haben das Vorrecht, die einzigen greifbaren Zeugen ihres Zeitalters zu sein, während alles übrige Leben in Schutt und Moder versunken ist. Wir sind deshalb nur allzusehr zur Ueberschät-

---

1) Od. ο 415 ἔνθα δὲ Φοίνικες ναυσίκλυτοι ἤλυθον ἄνδρες
τρῶκται, μυρί' ἄγοντες ἀθύρματα νηὶ μελαίνῃ.

Nach ο 455 halten sie ihren Küstenbazar ein ganzes Jahr hindurch ab. Phönizische Seefahrer in Hellas werden erwähnt ν 272. Von dem silbernen Mischkruge des Achilleus heisst es Ψ 743:

ἐπεὶ Σιδόνες πολυδαίδαλοι εὖ ἤσκησαν,
Φοίνικες δ' ἄγον ἄνδρες ἐπ' ἠεροειδέα πόντον,
στῆσαν δ' ἐν λιμένεσσι, Θόαντι δὲ δῶρον ἔδωκαν.

Vgl. noch ο 117 δ 617; dazu jetzt namentlich Helbig Das homerische Epos aus den Denkmälern erläutert, S. 13 ff.

zung prähistorischer Funde geneigt, indem wir sie gern in die Beleuchtung weiter historischer Perspectiven setzen, wo eine gerechtere Betrachtung nur engbegrenzte Schlüsse erlaubt. Da von der Ausstattung des äusseren Lebens mit ausländischen Erzeugnissen bis zur Aufnahme geistiger Culturelemente ein sehr weiter Schritt ist, so ist es falsch, aus dem gefundenen Kleinkram eine phönizische Culturperiode in weiterer Ausdehnung zu construiren. Namentlich folgt aber aus jenen Fundstücken, zusammen mit den Zeugnissen Homer's, zwar ein lebhafter Handelsverkehr beider Völker, ohne dass nothwendig mit den silbernen Schmiedearbeiten, Purpurstoffen, Töpferwaaren und dgl. zugleich auch ganze Götterkulte, nach Engel's Ausdruck, in Hellas eingekrämert zu sein brauchen.

Ueberliesse man sich nun freilich, jenen Erwägungen gegenüber, der Autorität moderner Historiker, so hätten die Phönizier sich mit dem Hausirhandel oder vereinzeltem Aufenthalte in Hellas nicht begnügt. Die Handelsherren von Tyros und Sidon hätten vielmehr das Bedürfniss nach festen Handelsniederlassungen, Colonieen, gehabt, welche man sich etwa nach Art europäischer Faktoreien in Afrika oder Polynesien zu denken scheint. Aus diesen Faktoreien sollen weiter eine Anzahl hellenischer Städte als aus ihren Kernen erwachsen sein. Es liegt uns fern zu behaupten, dass derartige Annahmen ihren Ursprung einzig und allein der Phantasie verdanken. Eine sehr wesentliche Stütze fanden sie vielmehr an der Autorität eines ausgezeichneten Semitisten. J. Olshausen hat in seinem berühmten Aufsatze «Ueber phönizische Ortsnamen ausserhalb des semitischen Sprachgebietes» (Rhein. Mus. N. F. VIII, S. 321—340 mit Nachträgen im Hermes XIV, S. 145 ff. und Berl. Monatsber. 1879, S. 555ff.) eine Reihe griechischer Ortsnamen, Benennungen von Städten, Inseln und Vorgebirgen aus semitischen Wurzeln hergeleitet. Sein Vorgänger war bereits im XVII Jahrhundert Samuel Bochart gewesen, der gelehrte Verfasser des «Phaleg et Canaan», insbesondere der darin enthaltenen Dissertation «De Phoenicum coloniis». Olshausen's Thesen haben Bursian, Duncker, E. Curtius, Kiepert und andere zu weiteren semitischen Namenserklärungen angeregt. Wollte man diese etymologischen Folgerungen als Thatsache gelten lassen, so müsste aus ihnen allerdings eine ehemalige phönizische Besiedelung Griechenlands erschlossen werden von annähernder Dichtigkeit, wie auf der Küste des karthagischen Afrika. In Wirklichkeit erheben sich gegen Olshausen's Sätze die schwersten philologischen und sachlichen Bedenken. Die Ortsnamenforschung kann auf eine Reihe glücklicher Resultate blicken, wie es z. B. mit ihrer Hülfe gelang, den Umfang keltischer oder slavischer Siedelungen auf deutschem, germanischer auf romanischem Gebiete zu finden. Selbst das Gebiet verschollener Völker, wie etwa der Ligurer, hat man nicht ohne jeden Erfolg aus den noch heute am Boden haftenden Namen festzustellen versucht. Auf allen diesen und noch anderen Gebieten wird die Möglichkeit und der Grad der Sicherheit für die Forschung wesentlich dadurch bedingt, dass die Existenz fremder Siedelungen im Allgemeinen historisch bereits feststand. Die phönizische Siedelung in Hellas beruht dagegen auf einer Hypothese, deren wesentlichster Untergrund eben dieselbe Namensetymologie ist. Philologisch betrachtet, könnte sich das Resultat Olshausen's höchstens auf die lautliche Zulässigkeit be-

schränken[1]). Selbst in diesem günstigsten Falle würde aber eine wahrscheinliche Richtigkeit erst eintreten, sobald die Möglichkeit der Ableitung aus dem Griechischen oder die Identität der Namen mit solchen stammverwandter Völker auszuschliessen wäre. Da nun aber die althellenischen Ortsnamen, wie kein Kenner des Griechischen oder verwandter Sprachen leugnen dürfte, weder ihrer Wurzelbedeutung noch ihren Bildungsgesetzen nach irgendwie klar erforscht sind, so lässt sich unmöglich unterscheiden, was griechisch und was ungriechisch ist. Eine eingehendere Betrachtung vermöchte leicht zu zeigen, dass die geographische Nomenclatur von Hellas in ihren Grundzügen dieselbe ist, wie die jedes beliebigen indogermanischen Volkes. Unterscheidend dürfte, ausser der speciellen lautlichen Umgestaltung, zum Theil die Suffixbildung sein, welche ja auch das Hauptkennzeichen slavischer, keltischer oder deutscher Namen ausmacht. Dennoch sind kaum die Anfänge zu einer vergleichenden Behandlung unternommen, welche als hauptsächlichsten Fehler der Methodik jedes vorschnelle Heranziehen lautähnlicher Appellativa vermeiden müsste. Namen haben den Hauptzweck, Individua zu unterscheiden, nicht, wovon die Etymologen gewöhnlich ausgehen, characteristische Eigenschaften hervorzuheben. Somit liegt also noch ein langer Weg vor uns, bis wir künftig einmal die indogermanischen Ortsnamen mit denen der Semiten vergleichen können, wobei eine uralte Wurzelverwandtschaft wohl nicht von vornherein auszuschliessen wäre. Unter diesen Umständen scheint es leicht, fremde Etymologieen in die griechischen Namen einzuführen, um so mehr als letztere erstens so zahlreich überliefert sind, dass sie die reichste Auswahl von Lautgruppen zur Anpassung darbieten, zweitens aber die griechischen Suffixe, oder was den Etymologen als Suffix vorkommt, ohne weiteres bei Seite geworfen werden. Die scharf ausgeprägten suffixlosen Wurzelkörper der semitischen Sprachen gestatten unschwer, ähnliche Scheingleichungen herzustellen, wie sie ehedem zwischen hebräischen und griechischen Appellativen üblich waren. So ermöglicht die philologische Ausnahmestellung der Eigennamen noch dieselbe Einmischung semitischer Etymologie, welche etwa im XVII Jahrhundert einem Gerh. Joh. Vossius den griechischen Appellativen gegenüber für erlaubt und selbstverständlich galt[2]).

---

1) A. v. Gutschmidt, N. Jahrb. f. Phil. 1880, S. 188 macht es W. W. v. Baudissin zum Vorwurf, dass er sich durch die Autorität des berühmten Orientalisten allzusehr habe bestimmen lassen, während doch mit der von Olshausen dargethanen philologischen Zulässigkeit die historische Realität seiner Combinationen noch lange nicht erwiesen sei.

2) Im Einzelnen lässt sich gegen Olshausen's Etymologieen Folgendes einwenden. Der Ἰάρδανος, angeblich ein Seitenstück zum palästinischen Jordan, war bei den Griechen ein völlig mythischer Fluss. In den homerischen Gedichten wird er zweimal genannt. Nach Η 135 hätte Nestor in der Jugend Ἰαρδάνου ἀμφὶ ῥέεθρα Heldenthaten vollbracht und γ 292 wohnt das mythische Volk der Κύδωνες in Kreta ebenfalls Ἰαρδάνου ἀμφὶ ῥέεθρα. Die Gelehrten des späteren Alterthums bemühten sich vergeblich, diesen Iardanos auf der Landkarte von Hellas wiederherzustellen, ohne zu einem einheitlichen oder haltbaren Resultate zu kommen. Aehnlich ging es den meisten anderen Combinationen zur Erläuterung der epischen Geographie, weil man keinerlei Kriterien zwischen Mythus und Geschichte besass. Die Flüsse Griechenlands trugen im Zeitalter Homer's sehr wahrscheinlich keine anderen Namen als Jahrhunderte später. Um diese reale Geographie kümmerten sich die dichterischen Bearbeiter der alten Mythen, welche reich an fabelhaften Schauplätzen waren, sehr wenig und überliessen es den gelehrten Geographen der Folgezeit, sich aus diesem

Nicht viel anders steht es mit einer zweiten Kategorie von Spuren phönizischer Colonieen. Früher pflegte man den hellenischen Götterdiensten einen kurzen Process zu bereiten, indem man sie sammt und sonders aus dem Oriente ableitete. Heute sondert man eine begrenzte Anzahl von Lokalculten aus, spricht ihnen aus irgend welchen Gründen unhellenischen Character zu und glaubt sie dann als phönizisch betrachten zu dürfen. Durch dieses oberflächliche Verfahren gelingt es nicht bloss Duncker in der «Geschichte des Alterthums», E. Curtius in seiner «Griechischen Geschichte», sondern auch einer Reihe anderer Forscher,

---

Chaos mittelst Metonomasieen und anderer willkürlicher Hülfsmittel, herauszufinden. (Vgl. die Bemerkungen des Verfassers in den Jahrb. f. class. Phil. 1884, S. 497 ff.). Die Existenz des Ἰάρδανος ist nicht besser bezeugt, als etwa die des Weltstromes Okeanos, welchem ein ernsthafter Zeuge ebenfalls auf der Insel Kreta reale Existenz verliehen hat (Hesych. s. v. Ὠκεανός). Es fehlt also hier zu einer historischen Folgerung der feste Boden. Anders verhält es sich mit Olshausen's Ableitung des in Mysien, der Troas, Boiotien, auf Euboia und in Latium vorkommenden Stadtnamens τὰ Στύρα oder Ἄστυρα, Astura von der Göttin Astoreth. Die Transscription einer Stadt in Phönizien bei Stephanos durch Ἄστυρα ist eine Ungenauigkeit, die sich fünf Mal verschiedensten Ortes wiederholt haben müsste. Lassen wir indessen zunächst auch diese Möglichkeit offen, so bleibt doch ein anderer Zusammenhang zu berücksichtigen. Der U-Laut in Ἄστυρα, Στύρα kann nach dem griechischen Lautgesetz durch Epenthese eines ϝ = u̯ entstanden sein. In der That findet sich Ἀστράβη mit Vertretung eines ϝ j durch β (vgl. ἀμείβω, ἤβη Curtius: Grundzüge, S. 588—589) als «früherer» Name der Insel Kasos, Ἀστερία als solcher von Delos und die Ἀστέριοι waren nach Hesych. die ersten Bewohner von Tenedos. Alles das dürfte auf einen Namensstamm ἀστερ(α)ϝ —, mit Tonverlust im Anlaute στερ(α)ϝ —, wovon die makedonische Stadt Ἀστραῖον (für Ἀστεράϝ ιον) sowie Ἀστάλη auf Kreta weitere Schösslinge wären, während die Sporadeninsel Στύρβη Epenthese und Vertretung des ϝ j durch β vereinigt. Es genügt der weitere Hinweis auf die Ortsnamen τὰ Στηριά (Στειριά), Στείριον und Στεῖρις, um die Verknüpfung mit Astoreth als unnütz und unstatthaft zurückzuweisen. Ebenso wenig bedürfen Ἀσίνη und τὰ Κύθηρα eines semitischen Etymons. Καῖρᾶτος, der alte Name von Knossos, braucht nicht gleich karath oder qart «Stadt» zu sein, sondern hängt, wie unten gezeigt werden soll, mit Κρήτα zusammen. Σαλαμίς (Σαλαμίνς) Σαλαμῖν darf nicht als semitische «Friedensinsel» gedeutet werden, sondern ist gut griechisch. Es gehört zum pisatischen Σαλμώνη, dem boiotischen Ἅλμος, bei Hellanikos (fr. 13. 27) noch Σάλμος, auch Ἅλμων oder Ἅλμωνες genannt, ferner zum Heroennamen Σαλμωνεύς, vielleicht auch zum Namen der epir? tischen Landschaft Ἀλμήνη oder Ἀλμίνη, Ἅρμα in Boiotien und Attika und dem kerkyräischen Ἅρματα. Dass wir es mit einem europäischen Ortsnamen zu thun haben, beweisen Sulmo in Italien, die altdeutschen Orte Salmana, Salmonna, Salmene (das heutige Salm), Salmannesheim, Salamanneschinca, Saramanninhusen, Saramereshusun, Salamannesheim (Förster: Namenbuch² II, S. 1281, 1286), vielleicht auch der polabisch-slavische Gauname Zirmunty, in altdeutschen Urkunden Sirimunti, Serimunt, Seremode genannt (Förster: a. O. S. 1343; Schafarik: Slav. Alterth. II, 601), endlich das keltische Samarobriva. Dass die zahlreichen griechischen Orte vom Stamme Μαραθ —, darunter binnenländische in Arkadien und Thessalien, Colonieen des phönizischen Marath sein sollen, ist kein Vertrauen erweckender Schluss. Die ursprüngliche Namensform dürfte vor der Aspirata einen tönenden Nasallaut enthalten haben, vgl. Μερούσιον bei Syrakus. Die Combination der Namen Μακαρ — Μακρ — mit Melqart ist nicht besser als die angeblichen Ableitungen von Astoreth. Ἀδραμύτιον oder Ἀδραμύττιον dürfte mit Ῥαδάμανθυς aeol. Βραδάμανθυς (aus Ϝαρδάμανθυς) verwandt sein. Mit Hadramaut wird die Aehnlichkeit nur eine zufällige sein, wie bereits Hitzig: Rh. Mus. VIII, S. 597 ff. nachgewiesen hat. Den umgekehrten Weg wie Olshausen sind diejenigen Alten gewandelt, welche die Ῥαδαμάνες, das kretische Volk des Rhadamanthys, nach Hadramaut in das glückliche Arabien auswandern liessen. Den Berg Thabor glaubte Olshausen im Ἀταβύριον auf Rhodos und Sicilien wieder erkennen zu müssen, gestützt auf die vereinzelten Lesarten Ἀταβύριον für Ἰταβύριον (Thabor) in der Septuaginta und bei Josephos. Olshausen berief sich dabei darauf, dass beide Inseln phönizische Colonieen empfangen hätten. Diese Folgerung beruht auf einem seltsamen Versehen. Der sicilische Atabyrion, von Timaios fr. 3 erwähnt, lag bei Akragas, wie wir aus dem Ζεὺς Ἀταβύριος der Agrigentiner (Polyb. IX, 31) schliessen müssen. Dass derselbe Zeus nebst dem Berge auch in Rhodos vorkam, daran hatten natürlich nicht die Phönizier Schuld, sondern Akragas war, wie bekannt, eine Colonie der Rhodier. Uebrigens hat man vielleicht nicht mit Unrecht in Ἀταβύριον das griech. (ϝ)ὄρος oder (ϝ)ρῖον erkennen wollen.

die Zahl der angeblichen Colonieen der Phönizier anschwellen zu lassen. Hiergegen erlauben wir uns nur auf einen Umstand aufmerksam zu machen. Das Studium des griechischen Religionswesens hat sich einer so regen Pflege zu erfreuen gehabt, wie wenige andere Disciplinen der Alterthumswissenschaft überhaupt. Trotzdem pflegt jede bedeutendere mythologische Arbeit noch heute mit der Betrachtung zu beginnen, dass die bisherige Forschung noch weit vom Ziele entfernt sei. Nichts kann die Sachlage deutlicher characterisiren, als folgendes resignirte Urtheil eines der hervorragendsten lebenden Kenner der antiken Religionen: «So viel Geist, Gelehrsamkeit und Scharfsinn auch von allen diesen Autoren (Preller, Gerhard, Welcker, Hartung u. s. w.) aufgewandt worden ist, so ist doch keine irgend wesentliche Förderung der Wissenschaft erzielt, die Resultate differiren überall unter einander und mit denen der vergleichenden Mythenforschung»[1]). Wenn es sich also mit der griechischen Religion und ihrer Erkenntniss so verhält, so entspricht dem von anderer Seite folgendes Zugeständniss eines bedeutenden Vertreters semitischer Religionsforschung: «Leider sind», sagt W. W. v. Baudissin[2]), «von den alten Religionen des Semitismus—abgesehen von der alttestamentlichen — eben fast nur Namen auf uns gekommen». Denn ausser Sanchuniathon, einer trüben Quelle zweiter und dritter Hand, und sehr dürftigen Mittheilungen der Griechen und Römer «beschränkt sich unsere Kunde vom phönizischen Götterglauben auf die Namen einzelner Gottheiten in den alttestamentlichen Schriften, in Inschriften und Münzlegenden». Aus diesen beiden Zugeständnissen lässt sich ermessen, welches Prognostikon dem Unterfangen zukommt, Gegenstände der griechischen Religion erstens als nicht hellenisch, zweitens als phönizisch zu erweisen. Aus solchem Streben gewonnene Sätze müssen nothwendig Produkte einer doppelt mangelhaften Erkenntniss sein. Die unermüdliche Wiederholung jenes Experimentes kann also füglich nur als Unklarheit über die Aufgaben und Ziele der Religionsforschung beklagt werden. Historische Folgerungen vollends, welche auf einem so wenig festen Boden stehen, verdienen mindestens nicht die Gewähr, welche das Bestreben, auf dem Wege der Hypothese phönizische Colonieen in Hellas nachzuweisen, für sie in Anspruch zu nehmen liebt.

In Fragen, wo die Ueberlieferung fehlt, Denkmäler und sonstige Ueberreste ausreichende Antwort verweigern, darf der Historiker wohl als letzte Quelle an die historische Analogie appelliren. Es scheint, als ob die Existenz phönizischer Colonialgebiete in Afrika und Sicilien die Vorstellung einer analogen Besiedelung von Hellas befördert hat. Eine nähere Betrachtung entzieht hier freilich jedem Analogieschlusse den Boden. Die libyschen Niederlassungen waren eben so sehr Ackerbaucolonieen als Handelsstationen. Ihr Gebiet war von einheimischen Nomadenstämmen bewohnt, welche feste Ansiedelung zum Theil noch heute verachten. Das phönizische Sicilien dagegen kennzeichnet sich schon durch seine Lage als Vorland von Karthago[3]). Blicken wir nun auf Hellas, so denkt sich bereits Homer

1) Friedländer in den N. Jahrb. f. Phil. Bd. 107, S. 312.

2) W. W. Graf Baudissin: Studien zur semitischen Religionsgeschichte I, S. 4 ff.

3) Paus. V, 25, 6 οἱ δὲ Φοίνικες καὶ Λίβυες στόλῳ ἀφίκοντο ἐς τὴν νῆσον κοινῷ, καὶ ἄποικοι Καρχηδονίων εἰσί. Gleicher Ansicht scheint auch Thukydides (VI, 2) gewesen zu sein, wenn er sagt, die Phönizier seien durch

das Land in kleine Staaten getheilt, jeder eine oder mehrere Städte enthaltend. Zur vollständigen Bezeichnung der Stadtgemeinde gebraucht der Dichter oft den Ausdruck δῆμός τε πόλις τε und deutliche Beiwörter lassen wenigstens manche Städte als wohlbefestigt erkennen. Das platte Land ist seinerseits von einzelnen Weilern oder Gehöften bedeckt[1]). Ohne an die Frage zu rühren, ob auch jene Städte erst in vielen Jahrhunderten aus dorfähnlichen Ansiedelungen erwachsen sind, lässt sich sicher behaupten, dass an einer vollständig sesshaften Ansiedelung der Hellenen viele Jahrhunderte vor Homer gar nicht zu zweifeln ist. In die entlegene Zeit, wo das anders ausgesehen hätte, wo die Hellenen noch ein umherschweifendes Nomadenvolk waren, kann sich die Phantasie erst mit der schwierigsten Anstrengung zurückdenken. Welches Bild dient dagegen der Phönizierhypothese als Voraussetzung? Nehmen wir die Schilderung Duncker's (V, S. 106 ff.), der sich bestrebt zeigt, sämmtliche Consequenzen pragmatisch auszuführen. Um das Jahr 1200, nimmt er an, seien die Phönizier eingetroffen. Im Osten von Hellas hätte man damals bereits angefangen gehabt, feste Ansiedelungen zu gründen. Die Gebiete von Westhellas dagegen seien noch von unsesshaften Viehzüchtern bewohnt gewesen, als sie «unter die Obmacht der phönizischen Siedelungen gelangten». Erst die Anwesenheit der Fremdlinge, das Vorbild ihrer Niederlassungen, habe belebend auf die Entwickelung des Städtewesens gewirkt. Vergebens fragt man nach der Berechtigung, einen derartigen Riss zwischen ost- und westhellenischer Cultur anzunehmen, während doch das aus Homer gewonnene Bild ein durchaus einheitliches Gepräge zeigt. Will man überhaupt einen Blick in die gänzlich zeugnisslose Vorzeit von Hellas wagen, so muss die Continuität des historischen Werdens als Richtschnur und Basis erhalten bleiben. Die Phönizierhypothese opfert nun dieses wichtigste Hülfsmittel einem eingebildeten Vortheile, nämlich dem, der hellenischen Culturgeschichte einen bestimmten Anfang zu setzen. Sie verfährt nicht anders als die Griechen selbst, als jedes Volk mit primitiver Geschichtsanschauung, wenn es sein ganzes Dasein in wenigen Jahrhunderten vor der erkennbaren Geschichte von einem fingirten Datum an sich entwickeln lässt. Man könnte es die abgekürzte Geschichtsbetrachtung nennen, indem sie die lange, dunkle Vorgeschichte auf einen bequemen Nenner, hier die Phönizier, reducirt. Dieses Verfahren zwingt freilich, jenem semitischen Stamme eine allseitige geistige und culturelle Ueberlegenheit über die Hellenen zuzuschreiben, eine Vorstellung, welche als Nachhall des verklungenen Dogma's von der

---

das Andringen der Hellenen gezwungen gewesen, sich auf die Karthago zunächst liegende Westspitze der Insel zurückzuziehen. Ἐκλιπόντες τὰ πλείω, Μοτύην καὶ Σολόεντα καὶ Πάνορμον ἐγγὺς τῶν Ἐλύμων ξυνοικίσαντες ἐνέμοντο, ξυμμαχίᾳ τε πίσυνοι τῇ τῶν Ἐλύμων, καὶ ὅτι ἐντεῦθεν ἐλάχιστον πλοῦν Καρχηδὼν Σικελίας ἀπέχει. Früher hätten sich ihre Ansiedelungen rings um die Küsten der Insel ausgebreitet. Ueber das chronologische Verhältniss der sicilischen und libyschen Ansiedelungen lässt sich natürlich nichts bestimmtes ausmachen. In ursächlichen Zusammenhang mit Afrika setzen die Niederlassungen auf Sicilien auch Meltzer: Gesch. d. Karth. I, S. 31; Holm: Gesch. Sic. I, S. 80; Busolt: Griech. Gesch. I, S. 230. Die Uebertreibungen von Movers sind eingehend und treffend widerlegt bei F. Sokolow: «Критическія изслѣдованія относящіяся къ древнѣйшему періоду исторіи Сициліи» Санктпетербургъ 1865, стр. 96—105.

1) Vgl. Schömann: Griech. Alterth. I, S. 71 ff.

orientalischen Urweisheit erscheint. Es fehlt nicht viel, so drückt man die Bewohner Griechenlands in vorgeschrittenem Zeitalter auf den Culturzustand nordafrikanischer Nomaden herab. Warum fühlt man sich denn, da von Analogieen die Rede ist, im Stande, die italische Gesittung, Religion und gesellschaftliche Verfassung guten Muthes aus eigener Entwickelung hervorgehen zu lassen, während man nach wie vor bei dem begabteren Nachbarvolke der Phönizier, wahrer dii ex machina, als Lebenswecker bedarf? Die richtigste Antwort dürfte man in der von einer gänzlich unkritischen Forschung ererbten Routine finden, die geschichtslose Zeit von Hellas zum Tummelplatze willkürlich ersonnener ethnographischer Hypothesen zu machen. Der sicherste Beweis für die innere Unglaublichkeit dieser Hypothesen ist das Verschwinden der angenommenen Urvölker vom Schauplatze ihrer hypothetischen Wirksamkeit. Die antiken Historiker pflegten das betreffende Urvolk, wenn es nicht mehr nöthig war oder für die wirkliche Geschichte unbequem wurde, mit Sack und Pack auswandern zu lassen, wenn sie es nicht, im Nothfalle an einer menschenvertilgenden Pest, aussterben liessen[1]). Aehnlich geht es heute den phönizischen Ansiedelern von Hellas. Hier ist es die traditionelle Geschmeidigkeit der semitischen Race, welche das Verschwinden erklären soll. Die Phönizier haben sich geräuschlos verabschiedet. War es ihnen aber vorher mit eben so wenig Aufhebens gelungen, zahlreiche Plätze oder gar bedeutende Gebietstheile «unter ihre Obmacht zu bringen»? Dann müsste ihnen über weite Meere hin gelungen sein, was ihnen über einen schmalen Meeresarm hinüber mit den gewaltigsten Streitkräften nicht geglückt ist, die wirkliche Besitznahme auch nur eines einzigen hellenischen Stadtgebietes. Nach dem Massstabe der karthagischen Expeditionen gegen Sicilien bemessen, bergen sich im Schoosse der vorhistorischen Zeit Unternehmungen, welche selbst den Zug des Xerxes an Erfolg hinter sich lassen. Die Alten haben sich, im Gegensatze zu den neuesten Geschichtsschreibern, solchen nothwendigen Erwägungen nicht entzogen. Ihrem historischen Gewissen hat es offenbar schon Schwierigkeiten bereitet, dass der eine Kadmos, der für sein Kommen nichts weiter anführen konnte, als dass er seine Schwester suchte, ohne Weiteres das Gebiet von Theben «unter seine Obmacht» nahm. Daher ergänzten sie die Umstände, wie es sich zur richtigen Geschichte gehörte. Kadmos, hiess es nun, kam mit einem tüchtigen Heere, schlug die Bewohner Boiotiens in einer Feldschlacht und baute sich dann erst in Ruhe seine Stadt[2]). Unzweifelhaft bedarf also das moderne Phöniziercapitel noch ähnlicher Ergänzungen.

---

1) Das berühmteste Beispiel einer solchen Pestilenz ist die, durch welche sich Dionysios von Halikarnassos (Ant. Rom. I, 23) der italischen Pelasger entledigte. Die griechischen Historiker construirten eine Pelasgerperiode von Italien aus ähnlichen Antrieben wie die modernen ihre Phönizierzeit von Hellas. Jedem, der sich an die älteste griechische Geschichte heranwagt, dürfte zu rathen sein, die Arbeiten der griechischen Geschichtsforscher über die Urgeschichte Italiens mit denjenigen Mitteln zu studiren, welche die moderne Kritik hier in so glänzender Weise an die Hand gegeben hat. An lehrreicher methodischer Einsicht wird es dabei nicht fehlen.

2) Paus. IX, 5, 1. Κάδμου δὲ καὶ τῆς Φοινίκων στρατιᾶς ἐπελθούσης μάχῃ νικηθέντες οἱ μὲν Ὑαντες u. s. w., vgl. daselbst X, 35, 5. Eine genauer ausgearbeitete Schlachtrelation bietet Konon c. 37, worin es zum Schluss heisst: καὶ κρατεῖ Κάδμος τῆς Βοιωτῶν γῆς καὶ φυγόντων τῶν σωθέντων ἐπὶ τὰς οἰκείας πολεις οἰκίζει Φοίνικας ἐν

Den phönizischen Colonieen in Hellas fehlt jede historische Beglaubigung, man müsste denn gegen die einfachsten Regeln der Kritik im Geiste der antiken Pseudohistorie fortfahren, die überarbeiteten Bruchstücke religiöser Sage, wie den Kadmosmythus, in vernunftgemässe Geschichte zu verwandeln. Die aus den Alterthümern der Kunst und Sprache entnommenen Schlüsse sind unzureichend, um den Sätzen des historisirten Mythus neues Leben zu verleihen. Keinerlei historische Analogie zwingt uns endlich, Hellas für ehemaliges phönikisches Colonialland zu halten. Hiermit wird die Möglichkeit ausgeschlossen, Aphrodite uns als phönizische Coloniegöttin zu denken. Letzteres verbietet sich aber auch noch aus anderen Rücksichten, welche aus der allgemeinen Betrachtung der griechischen Religionsgeschichte folgen. Hätten die Phönizier in ihren angeblichen Factoreien oder Pflanzstädten Bedürfniss und Musse gehabt, der Astoreth Tempel, nach der Helbig'schen Ansicht etwa gar steinerne Monumentalbauten, zu errichten, so fragt man, warum sie nicht ihre übrigen, männlichen, Gottheiten in ähnlicher Weise bedachten. Warum sollten die hellenischen Autochthonen den Baalim gegenüber sich spröder verhalten haben? Was zeichnete gerade jene Göttin so aus, dass ihr unzählige hellenische Verehrer zufielen und sie nicht bloss als eine der höchsten Nationalgottheiten in den Olymp versetzt, sondern auch bald selbst in den entlegensten Landschaften von Hellas verehrt wurde? Die meisten Forscher meinten freilich den Ansprüchen der Kritik zu genügen, wenn sie Aphrodite, mit Welcker zu reden, als «einzige Fremde» belassen, im Glauben sich dabei um obige Frage nicht kümmern zu brauchen. Zweifellos verdient der allgemeine Synkretismus, welchen man ehedem zur Erklärung des griechischen Götterwesens verwandte, das Lob grösserer Folgerichtigkeit. Erwägungen ähnlicher Art waren es vermuthlich, welche E. Curtius in seinem bekannten Aufsatze «die griechische Götterlehre vom geschichtlichen Standpunkte» (Preuss. Jahrb. 1875, S. 15.) eine strengere Durchführung des vorhistorischen Synkretismus erwünschen liessen. Er begann mit den Worten «Was kennt ein Volk eigeneres, als seine Götter», um freilich durch die folgenden Erörterungen diesem treffenden und befriedigenden Satze bloss den Werth einer rhetorischen Frage zu lassen. Die ältesten Dichtwerke der Hellenen, Denkmäler

---

Θήβαις. Interessant ist Konon's Versuch, den Europamythus als ungeschichtlich zu entfernen. Kadmos, behauptet er, hätte seine Eroberungspläne verbergen wollen und deshalb die ganze Geschichte mit der Europa erschwindelt (σταλῆναι δὲ Κάδμον οὐχ ὡς Ἕλληνές φασι κατὰ ζήτησιν Εὐρώπης, ἣν παῖδα Φοίνικος οὖσαν ἥρπασε Ζεὺς ἐν σχήματι ταύρου, ἀλλ' ἀρχὴν μὲν ἰδίαν ἐν Εὐρώπῃ μηχανώμενον πλάττεσθαι ἀδελφῆς ἡρπασμένης ποιεῖσθαι ζήτησιν, ἐξ οὗ καὶ ὁ τῆς Εὐρώπης μῦθος ἦκεν εἰς Ἕλληνας). Einer weiteren Ausführung der so zurecht gemachten historischen Relation hatte sich Fr. Lenormant (Manuel de l'hist. anc. de l'Orient 1869, III, S. 45) gewidmet und den letzten Läuterungsprocess nahm K. Tümpel (Ares und Aphrodite, S. 712) vor. Indem er nämlich beantragte, die Phönizier des Kadmos fortzulassen und durch eingeborene Kadmeionen zu ersetzen, meinte er, man hätte dann in obiger Pausaniasstelle «eine vortreffliche historische Notiz». Da nun die Persönlichkeit des Kadmos ohnehin abzurechnen ist, so bleibt als Residuum aus der ganzen Kadmossage nur jenes vorgeschichtliche Treffen der Kadmeionen mit den verbündeten Truppen der Aonen und Hyanten übrig. Dieser vortreffliche historische Kern muss nach der Meinung Tümpels bereits in alten Zeiten durch den Drachenkampf, den Strauss gegen die unterweltlichen Riesen, die Hochzeit mit der Göttertochter Harmonia und ähnliche ungereimte Zuthaten entstellt worden sein. Fühlte der vortreffliche Forscher nicht auch den Beruf, das «kritische» Verfahren der antiken Mythographen fortzusetzen, welche aus Hades einen König von Epeiros und ähnliches machten?

einer uralten religiösen Poesie, kennen nur ein nationales Götterwesen und verhalten sich zum Ursprunge desselben eben so unbefangen, wie die Italiker, die Germanen, Inder, wie überhaupt wohl jede von historischer Gelehrsamkeit noch unberührte Nation. Dieses bildet eine Thatsache, welche allgemein, auch von den Synkretikern eingeräumt wird. Wie der Synkretismus sich dennoch mit ihr abzufinden weiss, möge folgendes durch seine Zugeständnisse characteristische Urtheil in Nägelsbach-Autenrieth's Homerischer Theologie (Dritte Aufl. 1884, S. 14) zeigen: «Trotz alledem dürfen wir aufs entschiedenste behaupten, dass alles Nichthellenische bei Homer schon völlig abgethan oder hellenisirt ist. Für diese Ansicht erklären sich die gewichtigsten Autoritäten, welche man nun in C. Fr. Hermann's Staatsalterth. 5 Aufl., § 4 bequem zusammengestellt findet. Und befragen wir den Dichter selbst über seine pelasgischen oder asiatischen Erinnerungen, so finden wir kaum eine leise Spur von solchen. Die phönikische Aphrodite ist Tochter der pelasgischen Dione geworden und beide befinden sich im Olymp. Dort sind die nach höchster Wahrscheinlichkeit ursprünglich verschiedenen Völkern angehörigen Götter bereits zu einer Familie verbunden, in einen Götterstaat vereinigt und zu Nationalgottheiten geworden.» Es gilt also, wie man sieht, den mit der wahren Geschichte unbekannten Dichter zu berichtigen. Worauf beruht denn dieser Anspruch, welcher sich so offenbar über die allgemein giltige Regel der Kritik hinwegsetzt, nach welcher der ältesten und ursprünglichen Ueberlieferung jeder Vorzug vor viele Jahrhunderte jüngeren Ueberarbeitungen gebührt? Mit dem gleichen Anspruche trat Herodot vor sein Publikum, der Begründer der Religionshistorie und erste synkretistische Bearbeiter der alten nationalen Legende. Sein Auftreten fiel in eine Zeit, wo die uralte Geschichte des Orients begonnen hatte, sich den geschichtslosen Hellenen mit erdrückender Neuheit zu offenbaren. Den Beobachter kann es nur mit psychologischem Interesse erfüllen, dass in unserem Jahrhundert ein analoger Vorgang, die Eröffnung derselben grossartigen Denkmälerwelt, welche Herodot und seine Vorgänger mit Staunen erfüllt hatte, den Synkretismus wieder aufleben liess, nachdem die phantastische Doctrin Creuzer's durch I. H. Voss, Lobeck's, K. Otfr. Müller's und Anderer Bemühen glücklich überwunden zu sein schien. Die modernen Versuche, die griechischen Culte aus dem Oriente herzuleiten, gleichen jenem antiken nicht bloss in dem psychologischen Antriebe, das Dunkele durch Dunkeleres zu erklären, vorausgesetzt dass letzteres augenblicklich eine grössere Aufmerksamkeit und den unklaren Wunsch nach Einordnung in das bisher Bekannte erregt. Sie ähneln sich auch in der unkritischen Verwendung eines völlig ungenügenden oder schlecht durchforschten Geschichtsmaterials. Auf die Beschaffenheit desselben näher einzugehen, wird sich weiter unten die Gelegenheit bieten. Hier sei nur noch hervorgehoben, dass in dem Conglomerat theologischer, theosophischer, orientalistischer und hellenistischer Gedanken, aus welchem die Meinung von einer vorgeschichtlichen Göttermischung in Hellas unter uns seine Nahrung zieht, als ein hervorragendes Moment der Anblick der Religionsmischung mitspielt, wie sie nach Alexander dem Grossen allmählich in der hellenistischen Welt um sich griff. Die Thatsache, dass damals aegyptische, vereinzelt auch asiatische Culte in Hellas sich ein-

gebürgert haben, scheint verführerisch genug, eine wenn auch um ein Jahrtausend entlegene, unbekannte Welt sich in ähnlicher Weise auszumalen. Bei der Wichtigkeit dieser Analogie für unsere Frage sei es gestattet, auf dieselbe kurz einzugehen.

Der hellenistische Synkretismus, soweit er Hellas, nicht den Orient betrifft, erlebte vom V Jahrhunderte ab einzelne Vorspiele auf griechischem Boden. Wir wissen, dass in dieser Zeit mehrere Fremdculte in Athen eindrangen, in Folge des Verkehres mit auswärtigen Colonieen und Handelsplätzen des Auslandes. So wurden aus Thrakien die Bendis und Kotytto, aus Phrygien Attis mit der Göttermutter und Sabazios, von Kypros her, wie es scheint, Adonis theils in den Piraeus theils in die Stadt eingeführt[1]). Das grösste Interesse für uns hat ein phönizischer Cult, der von fremden Kaufleuten, Metöken des Piraeus, eingerichtet wurde. Ein erhaltenes Decret des attischen Volkes vom Jahre 333 ertheilt Kaufleuten aus Kition, also kyprischen Phöniziern, die Autorisation zum Bau eines Aphroditetempels, und zwar mit Berufung auf die früher erfolgte Genehmigung eines aegyptischen Isisheiligthums[2]). Wer jene, in den Acten der sich um den Tempel bildenden religiösen Genossenschaft Ἀφροδίτη ἡ Συρία genannte, Göttin war, erfahren wir aus einer phönizischen Tempelrechnung, die im Jahre 1879 bei Larnaka auf Cypern, dem alten Kition, ausgegraben wurde[3]). Hier lautet eine Quote (A, Zeile 4) nach Renan's Erklärung: «den Baumeistern, welche den Tempel der Astoreth gebaut haben, jedem . . .». Der Aphroditecult des Piraeus war also der Ableger einer in Kition einheimischen Astarte, wenn es sich nicht gar — da die phönizische Inschrift nach dem Urtheile Renan's ebenfalls den Character des IV Jahrhunderts trägt — geradezu um die Baukosten jenes kitischen Tempels in Attika handelt, ein Zusammentreffen, welches wir allerdings nicht anzunehmen wagen. Unter ähnlichen Umständen erbauten zu Beginn des zweiten Jahrhunderts auf Delos ansässige Tyrier dem Herakles Archagetes, ihrem einheimischen Baal Melqart, einen Tempel[4]). Auch hierzu bedurfte es der gesetzlichen Autorisation durch einen attischen Volksbeschluss. Erlauben nun diese Thatsachen einen Analogieschluss? Als Antwort weisen wir erstens auf die strenge Förmlichkeit hin, welcher sich die phönizischen Metöken zu unterziehen hatten, nur um die öffentliche Ausübung ihrer eigenen einheimischen Gottesdienste zu erlangen. Es bedurfte eines Bittgesuches (ἱκετεία), im Falle der Tyrier einer Specialgesandtschaft nach Athen, ferner eines doppelten Votums durch Rath und Bürgerschaft, für die Kitier endlich eines so gewichtigen Antragstellers, wie des berühmten Lykurgos. Die Gesetzlichkeit musste zudem durch einen klaren Präcedenzfall dargethan werden. Bei allen diesen Dingen handelte es sich nicht etwa um leere Formalitäten, sondern die Einführung fremder Götter in die Bürgerschaft wurde, wie aus dem allerdings angefochtenen Zeugniss des Iosephos (adv. Apion. II, 37) und mehrfach vorgekommenen Religionsprocessen bekannt ist, falls darauf

1) Vgl. die Uebersicht bei Foucart: Les associations religieuses chez les Grecs p. 57 ff.

2) Corp. Inscr. Att. II, № 168. Vgl. U. Köhler: Hermes V, S. 351; Foucart a. O. p. 187 ff.

3) Corp. Inscr. Semit. I, 86 A, J. Halévy: Mélanges de critique et d'histoire relatifs aux peuples sémitiques Paris 1883, p. 188—196.

4) C. I. Gr. 2271 vgl. Foucart a. O. p. 107 ff. p. 223

eine Anklage erhoben wurde, mit dem Tode bestraft[1]). Selbst das interne Cultwesen der Metöken unterlag offenbar staatlicher Controle. Wenngleich in einem Falle, der thrakischen Bendis, die Aufnahme einer Barbarengottheit in den Staatscult, wie es scheint, wirklich stattgefunden hat, so gelangten die Fremdculte im Allgemeinen doch nie zu öffentlichem Ansehen, sondern blieben auf die aus Metöken und niederem Volk bestehenden Religionsgenossenschaften privaten Characters beschränkt[2]). So ungefähr lagen die Verhältnisse in Athen, einem Weltplatz für den Mittelmeerhandel, bei einem Volke, von dem ein antiker Beurtheiler hervorhebt, dass es, wie in anderen Dingen, so auch in Hinsicht auf die Götter Freund des Fremden sei[3]), zu einer Zeit, welche zunehmend von Klage und Spott über den Verfall der alten Religion wiederhallte. Ziehen wir dagegen Hellas im Allgemeinen in Betracht, so ist nur von einem ausländischen Culte weitere Verbreitung nachzuweisen, dem der aegyptisch-alexandrinischen Göttergruppe, wenn wir von dem orgiastischen Dienste der Göttermutter in der Kaiserzeit schweigen. Die Tempel jener Götter erhoben sich auf griechischem Boden erst in der Ptolemäer- und Römerzeit, als die Hellenen den Character einer geschlossenen Nation bereits eingebüsst hatten. Dennoch ward die Herkunft von Isis und Serapis nie vergessen und ihr Dienst blieb ein fremdartiges Element in der Religion. Auch die an mehrfachen Orten Griechenlands verehrte Θεὸς Συρία wurde — falls dieser Name ursprünglich eine syrische Göttin bezeichnete, nicht etwa ein altgriechischer Göttername zu Grunde liegt[4]) — schon durch ihren Namen als unhellenisch gekennzeichnet. Ueberhaupt ist der hellenistisch-orientalische Synkretismus in Hellas, wie allein schon die Cultübersicht des Pausanias lehrt, unbedeutend gegen den Umfang der Göttermischung in Rom.

Sieht es nun nach alledem nicht wie das Erzeugniss einer anachronistischen Phantasie aus, wenn jener in aufsteigender aber doch beschränktester Ausdehnung vor den Augen der Geschichte sich vollziehende Process in den Jahrhunderten vor Homer sich in ungeheuer erweiterten Dimensionen mit abnehmender Kraft vollzogen haben soll? Das Vorstellungsvermögen der sich mit der Vorgeschichte von Hellas beschäftigenden Historiker ist wohl jederzeit ein verschiedenes gewesen. Hier verlangt es einen gewaltsamen Sprung über die Periode der epischen Dichtung, die doch selbst über den Begriff und die Existenz barbarischer Götter schweigt, während deren Hesiod, sicher im Einverständniss mit dem Gefühle seiner Landsleute, in der Religion als das Beste empfiehlt, am alten Brauche der Stadt festzuhalten (ὡς κε πόλις ῥέζῃσι, νόμος δ' ἀρχαῖος ἄριστος). Die Küsten und Inseln von Hellas bewohnte damals ein Volk, welches man sich zwar nach Belieben uncultivirt vorstellen kann, dem man jedoch eine wichtige Seite seiner Cultur nicht absprechen kann, die ehrfürchtige

1) Foucart a. O. p. 127 ff.

2) Schömann: Gr. Alt. II, 166.

3) Strabo X, p. 471 Ἀθηναῖοι δ'ὥσπερ περὶ τὰ ἄλλα φιλοξενοῦντες διατελοῦσιν, οὕτω καὶ περὶ τοὺς θεούς. Πολλὰ γὰρ τῶν ξενικῶν ἱερῶν παρεδέξαντο ὥστε καὶ ἐκωμῳδήθησαν.

4) Die Θεὸς Συρία in Tempeln zu Aigeira (Paus. VII, 26, 7) und Thuria in Lakonien (id. IV, 31, 2) verehrt. Surya ist die männliche und weibliche Bezeichnung der Sonne bei den alten Indern (vgl. Ehni: Zeitschr. der Morg. Ges. 33, S. 170).

alle Wurzeln seines Lebens durchdringende Verehrung seiner angestammten Götter. Sobald wenigstens das früheste Licht der Geschichte Hellas erhellt, finden wir es bis in seine letzten Winkel erfüllt von der reichsten Menge von Götterkulten, streng geschieden nach den Stämmen, Gauen und Ortschaften des Volkes. Jede lokale Gottheit ist durch einen althergebrachten, umständlichen Verehrungsritus ausgezeichnet. Bei diesen alteingesessenen Gottheiten, von denen Könige, Priester und edle Geschlechter ihren Ursprung ableiten, pflegen hellenische Gemeinden jeder Zeit alle Verträge, alle Akte des öffentlichen Lebens zu beschwören, weil sie der Gemeinde als Hüter der sittlichen und politischen Ordnung galten. Wenn nun die Aphrodite unter den gleichen Bedingungen wie Athena oder Artemis in allen Landschaften als Göttin erscheint, wie sollten wir sie etwa der Isis vergleichen, die eigentlich nie Göttin einer Stadtgemeinde geworden ist, deren Kultstätten selbst in den Tagen der römischen Kaiser an Zahl und Bedeutung gegenüber den alten Aphroditetempeln verschwinden? Um die Einführung der Astarte überhaupt fassen zu können, müsste man im Glauben der Urzeit eine leere Stelle annehmen, von einem Umfange, wie sie selbst ein Jahrtausend später die zersetzende Philosophie und hundert andere Umstände noch nicht erzeugt hatten. Wir müssten einen kosmopolitischen Nebel voraussetzen, hinter welchem der Unterschied zwischen den alten Göttern, die täglich und stündlich sich als Herren der menschlichen Geschicke offenbarten, und den unbekannten Weltlenkern fremder Handelsleute verschwand. Noch dazu sollte dieses auf einer Kulturstufe geschehen sein, wo die Hellenen, jene ausgeprägten Nationalisten, Sprache, Sitten und Ceremonieen der semitischen Fremdlinge nur mit dem naiven Unverstand eines Naturvolkes anstaunen konnten. Ja noch mehr, eine so weite und tiefdringende Verbreitung, wie sie in vorhistorischer Zeit vollzogen sein müsste, setzte eine religiöse Propaganda voraus, die im Kleinen an Vorgänge im Christenthum und Islam erinnerte[1]). Darf man den Purpurfischern und Schiffskrämern solchen Glaubenseifer, den Hellenen einen entsprechend bereiten Herzensboden zuschreiben? Wie viel unbekannte Vorgänger des Sokrates, wie viel phönizische und hellenische Märtyrer sanken dahin, welches Meer von Blut floss nicht vielleicht aus der harmlosen Gelehrtentinte, mit welcher die Vorzeit construirende Forscher, wie Preller (Griech. Myth. I, 3 Aufl., S. 272), den Griechen das launenhafte Bedürfniss zuschrieben, «an Stelle der althellenischen Liebesgöttin Dione» eine neue aus Phönizien bezogene zu setzen.

So weit Erwägungen allgemeiner Art beweisend sind, scheinen sie uns also durchaus gegen die phönizische Einführung eines so wichtigen Götterdienstes, wie der Kult der Aphro-

1) Ein ungenannter Geschichtsphilosoph in der Philol. Wochenschr. 1883, Sp. 1222 ist auch vor dieser Consequenz nicht zurückgeschreckt. Die vorhistorischen Beziehungen zwischen Orient und Occident zwingen ihn, die buddhistische und christliche Mission in Tibet und Aethiopien der Verbreitung der phönizischen Religion an die Seite zu stellen. Im Gegensatz zu den besonnenen Ansichten von A. Wiedemann über die ältesten Beziehungen zwischen Hellas und Aegypten, postulirt jener Referent zu Anbeginn der Dinge eine einheitliche Mittelmeerkultur. Dieser meerumschlungenen Vereinigung der auserlesensten Mischvölker: Pelasger, Ionier, Indogermanen und Mischsemiten, blieb in ihrer rettungslosen Confusion offenbar nichts anderes übrig, als sich in die Arme phönizischer Glaubensapostel zu stürzen.

dite es für die Hellenen war, zu zeugen, es sei denn, dass wir es mit einem Ausnahmefalle zu thun hätten, welcher aller sonst beweiskräftigen Analogieen spottet. Die vorliegende geschichtliche Frage kann freilich durch solche Erwägungen allein nicht entschieden werden, um so weniger als ein bestimmtes Zeugniss Herodot's, in dem Sinne, wie man es bisher in Anspruch genommen hat, jede weitere Erörterung abzuschneiden scheint. Zur Zeit des Kyaxares und Psammetichos, berichtet Herodot (I, 105), überwältigten die Skythen ganz Asien. «Von da gingen sie auf Aegypten los, und wie sie im palästinischen Syrien waren, kam ihnen Psammetichos, der König von Aegypten, entgegen und hielt sie mit Geschenken und Bitten von weiterem Vordringen ab. Und wie sie darauf auf dem Rückzuge in der syrischen Stadt Askalon waren, blieben, während die Meisten ruhig durchzogen, einige Wenige zurück und plünderten das Heiligthum der Aphrodite Urania. Dieses Heiligthum ist aber, wie ich nach meinen Nachforschungen finde, von allen Heiligthümern dieser Gottheit das älteste. Denn auch das kyprische Heiligthum ist von dorther gekommen, wie die Kyprier selbst sagen, und das aus Kythera hat Phönizier aus eben diesem Syrien zu Gründern» (ἔστι δὲ τοῦτο τὸ ἱρόν, ὡς ἐγὼ πυνθανόμενος εὑρίσκω, πάντων ἀρχαιότατον ἱρῶν, ὅσα ταύτης τῆς θεοῦ· καὶ γὰρ τὸ ἐν Κύπρῳ ἱρὸν ἐνθεῦτεν ἐγένετο, ὡς αὐτοὶ λέγουσι Κύπριοι, καὶ τὸ ἐν Κυθήροισι Φοίνικές εἰσι οἱ ἱδρυσάμενοι ἐκ ταύτης τῆς Συρίης ἐοντες). Diese Aussage des ältesten griechischen Historikers hat von jeher ihre Ergänzung darin gefunden, dass Homer, der älteste Dichter, der Aphrodite die Namen Κύπρις und Κυθέρεια beigelegt hat. Wenn nun letztere zu beweisen scheinen, dass Aphrodite den beiden Inseln Kypros und Kythera besonders angehört, von dort hergekommen sei, so lehrt Herodot's Aussage noch überdies, wie sie auf jene Inseln erst aus dem Orient gelangt war. Hiernach ist es kein Wunder, dass man von jeher geglaubt hat, einer der am besten bezeugten historischen Thatsachen gegenüberzustehen. Schon die eingehende Interpretation schien überflüssig, jeder kritische Zweifel ausgeschlossen.

Beachten wir die Form der Aussage Herodot's, so handelt es sich, wie er selbst sagt, um ein Resultat seiner eigenen Forschung, welches den Hellenen des V. Jahrhunderts noch unbekannt war. In der Epoche der homerischen Dichtung verhielt es sich nicht anders. Die Verfechter der Phönizierhypothese können nicht umhin, zuzugeben, wie wir aus der angeführten Stelle Autenrieth's sahen, dass die Aphrodite Homer's in keinem Zuge ausländische Abkunft verräth. Die Göttin, lautet ihr Urtheil, sei schon so gründlich hellenisirt gewesen, dass die epischen Dichter schon lange die Herkunft aus dem Orient vergessen hatten. Herodot war es somit vorbehalten, ein hervorragendes Faktum an das Licht zu bringen, welches viele hundert Jahre den Griechen verborgen geblieben war, in der That ein nicht geringes Beispiel historischen Scharfsinnes selbst in unserer Zeit der Archiv- und Urkundenstudien. Die Jahrhunderte historischer Forschung nach Herodot schweigen über seinen wissenschaftlichen Fund. Nur ein einziger Autor, Pausanias, macht davon Gebrauch, ein Historiker, der überhaupt in starker und wenig kritischer Abhängigkeit von Herodot steht. Aus diesen Umständen, der Singularität des Herodot'schen Zeugnisses, sowie der grossen zeitlichen Entlegenheit des Berichterstatters von dem berichteten Factum, folgt die Unent-

behrlichkeit einer kritischen Prüfung von selbst. Wir haben zu fragen, auf welchen Quellen oder sonstigen Anhaltspunkten Herodot's Aussage beruht, und ob sie nicht anderweitig erkundbaren Thatsachen direkt widerspricht. Da wir ferner wahrnehmen werden, dass die modernen Historiker, indem sie von sich aus das Zeugniss Herodot's erweiterten und zurechtlegten, anstatt es zu prüfen, zu neuen Sätzen gelangt sind, so werden wir auch diese theilweise einer besonderen Kritik unterziehen müssen.

Herodot's Angabe läuft in kurzer Form darauf hinaus, dass der Tempel von Askalon das älteste Heiligthum der Aphrodite sei, weil er älter sei als die Tempel auf Kypros und Kythera, indem letztere, wie er behauptet, von Syrien aus gestiftet wurden. Man übersieht dabei, dass diese Deduktion zwei Lücken enthält. Erstens ist es bekannt, dass Askalon eine Stadt der Philistäer, nicht der Phönizier, war, obgleich es sich in einem gewissen Anschluss an dieses Volk befand[1]). Dennoch erscheinen Herodot die Phönizier als Vermittler zwischen Kythera und Askalon. Da er zum Unterschiede von Kypros einen direkten Zusammenhang hier nicht behauptete, so liess er die Frage offen, ob denn Askalon auch die Metropole der Astarten von Sidon, Tyros, Byblos u. s. w. war. Offenbar genügte es seiner primitiven Forschungsmethode, dass die Phönizier ungefähr aus demselben Theile Syriens (ἐκ ταύτης τῆς Συρίης) kamen, wo auch Askalon lag[2]). Stillschweigend erlaubte er sich, die Phönizier ihren Nachbarn anzuschliessen. Umgekehrt verfahren seine modernen Interpreten. Ihnen sind die Phönizier die Hauptpersonen, schon ihrer kulturpflanzenden Verwendbarkeit wegen. Askalon erhält deshalb als «chanaanitische Küstenstadt» (Preller G. M. I, S. 272) stillschweigend an den phönizischen Seefahrten Antheil. Die zweite Ungenauigkeit Herodot's betrifft den Tempel auf Kypros (τὸ ἐν Κύπρῳ ἱρόν). Noch heute sind uns eine grössere Anzahl kyprischer Aphroditeheiligthümer bekannt, dennoch redet Herodot so, als ob es auf der grossen Insel nur ein einziges gegeben hätte. Nicht einmal die Stadt wird genannt, welche in religiösem Zusammenhange mit Askalon sein sollte. Weiter unten werden wir sehen, in wie willkürlicher Weise schon Pausanias, darauf die Modernen, jene Lücke ergänzt haben und unsererseits zu eruiren versuchen, welche Stadt Herodot im Auge gehabt haben kann. An sich brauchte es nicht einmal eine griechische Stadt gewesen zu sein. Denn zu den Kypriern rechnet Herodot (VII, 90) auch die auf der Insel wohnenden Phönizier, welche bekanntlich in Kition einen nationalen Staat bewahrten. An einzelnen Stellen auf Kypros, sagt er ferner (I, 199), kam ein dem babylonischen ähnlicher unzüchtiger Kultbrauch vor. Ohne Voreingenommenheit können wir aber eine derartige Sitte nicht anders als den Phöniziern zuschreiben, nicht hellenischen Ansiedlern. Ohne dieses wissen wir aus den oben (S. 15) erwähnten Inschriften von Kition und dem Piraeus, dass die kyprischen Phönizier in der

1) Ed. Meyer: Geschichte des Alterthums I, S. 229, 330.

2) Herodot pflegt sonst wohl zu unterscheiden zwischen Φοινίκη und Συρίη ἡ Παλαιστίνη καλεομένη (III, 91; vgl. III, 5; IV, 3), obgleich er beide unter dem allgemeinen Namen Συρίη zusammenfasst (II, 12. 116). An unserer Stelle könnte αὕτη ἡ Συρίη gesagt sein im Gegensatz zu dem Lande der Kappadokier, die von den Hellenen ebenfalls Σύριοι genannt wurden (Herod. I, 72. 76 u. a. O.), die späteren Λευκόσυροι.

That eine Astarte verehrten, die der Aphrodite gleichgesetzt wurde. Alles das soll nur zeigen, wie fragmentarisch und unsicher das Zeugniss Herodot's lautet. Wäre etwa sein «Tempel auf Kypros» phönizisch gewesen, so wäre natürlich seine Deduktion für die hellenische Aphrodite hinfällig. Indessen liegt die Annahme nahe, dass er hier aus keinem anderen Grunde ungenau war, als bei der Verallgemeinerung von Συρίη. Stand nämlich der askalonische Ursprung irgend eines kyprischen Aphroditetempels fest, so war die Wahrscheinlichkeit gegeben, dass auch die übrigen, deren Stiftungsumstände weniger gut bekannt waren, jenem einen sich unterordneten. Ausserdem kam es nicht so sehr auf die Stadt an, genug, wenn die Betonung auf Kypros fiel, weil nämlich von Alters her die Insel im Allgemeinen, nicht eine bestimmte Stadt, als Heimath der Aphrodite angegeben ward. Eben so wie auf Kypros richtet Herodot sein Augenmerk auf Kythera, weil man auch diese Insel für die Geburtstätte der Göttin hielt. Dass diese doppelte Ueberzeugung die Voraussetzung der Herodotischen Deduction bildete und bilden musste, ergiebt sich leicht aus den Dichtern, die ihm, wie den griechischen Historikern überhaupt, die vornehmste Quelle für die alte Geschichte von Hellas waren. Werfen wir einen Blick auf die attischen Dramatiker, die Zeitgenossen Herodot's, so begegnen wir einer ähnlichen Sorglosigkeit um kyprische Topographie wie bei Herodot. So singt der Chor in den Bakchen des Euripides (v. 403):

ἱκοίμαν ποτὶ Κύπρον
νᾶσον τᾶς Ἀφροδίτας.

Aeschylos (Hiket. 555) nennt Kypros im Allgemeinen als Land der Aphrodite: τὰν Ἀφροδίτας πολύπυρον αἶαν. Aber auch Pindar (Skol. I, 17) hatte die Göttin als Κύπρου δέσποινα bezeichnet. Kypros und Paphos dagegen erwähnt die Anrufung bei Aristophanes (Lysistr. 833) ὦ πότνια Κύπρου καὶ Κυθήρων καὶ Πάφου μεδέουσα. Aehnlich lautet das Fragment des Archilochos Κύπρου Πάφου τ' ἔχουσα πάντα κλῆρον und des Alkman Κύπρον ἱμερτὰν λιποῦσα καὶ Πάφον περιρρύταν. Beide Verse sind uns durch Strabo (VIII p. 341) aufbewahrt als Beispiele der dichterischen Figur, den Theil neben das Ganze zu setzen. Auch von uns dürfen die aufgezählten Dichterstellen nicht anders beurtheilt werden, als nach dem Gesichtspunkte des poetischen Stils. Es war dichterischer Brauch, Kypros als Heimath oder Lieblingsaufenthalt der Aphrodite in den Versen erklingen zu lassen. Diejenigen Poeten aber, die nebenbei noch Paphos nennen, thaten das aus dem Bedürfniss poetischer Anschaulichkeit, nicht um historisches Zeugniss abzulegen. So finden wir schon im Mythos des Demodokos in der Odyssee (ϑ 361 ff.), dass, während Ares nach Thrake, als seinem Lande, heimgeht, von der Aphrodite erzählt wird:

ἡ δ' ἄρα Κύπρον ἵκανε φιλομμειδὴς Ἀφροδίτη,
ἐς Πάφον· ἔνθα δέ οἱ τέμενος βωμός τε θυήεις

gleichlautend mit dem wohl nachgebildeten Verse des Homerischen Hymnus III auf die Aphrodite (v. 58)

ἐς Κύπρον δ' ἐλθοῦσα θυώδεα νηὸν ἔδυνεν,
ἐς Πάφον· ἔνθα δέ οἱ τέμενος βωμός τε θυώδης.

Im zehnten Hymnus wird der gleiche Zweck dadurch erreicht, dass neben Kypros statt Paphos eine andere nicht minder bekannte Stadt genannt wird.

Χαῖρε, θεά, Σαλαμῖνος ἐυκτιμένης μεδέουσα
καὶ πάσης Κύπρου[1]).

Als sich dagegen in hellenistischer Zeit die Kenntniss der Insel, ihrer Städte und Aphroditekulte erweiterte, wurden noch andere Stätten der Liebesgöttin gebräuchlich, Idalion, Amathus, Golgoi, und lebten als solche bis in die Liebespoesie der modernen Völker fort. Aus diesem Sachverhalte geht hervor, dass bei den Hellenen ursprünglich nicht Paphos oder eine andere Stadt als Heimath der Aphrodite galt, sondern die Insel Kypros. Dieser Glaube und seine dichterische Verwendung gründete sich seinerseits auf den Umstand, dass die epischen Dichter, vor allem das älteste Gedicht des Volkes, dessen geschichtliche Autorität eine unermessliche war, die Ilias, der Göttin den Namen Κύπρις gab, welcher Name nicht anders deutbar schien, als wenn er die Göttin als «Kyprierin» bezeichnete, oder «die kyprische».

Κύπρις als Name der Aphrodite findet sich in fünf Versen der Ilias, alle auffallender Weise in dem einen, fünften Gesange (E 330. 442. 458. 760. 883). Keine dieser Stellen verräth an sich eine Beziehung auf die Insel Kypros, sie lassen, für sich genommen, das Wort als substantivischen Eigennamen verstehen, da kein Zusatz wie θεά oder dgl. auf die Qualität als Adjectiv hindeutet. In dem fünften Gesange wird die Göttin häufiger Ἀφροδίτη genannt (E 131. 248. 312. 370. 427. 820). Aehnlich tragen noch zwei andere Gottheiten in der Ilias Doppelnamen, Athene und Apollon. Wenn nun auch nirgends die Zusammenstellung Κύπρις Ἀφροδίτη vorkommt, wie Παλλὰς Ἀθηναίη oder Φοῖβος Ἀπόλλων, so findet sich doch stellenweise auch Φοῖβος allein gebraucht (O 221. Φ 448), was nöthigenfalls als Analogie zu Κύπρις dienen könnte. Was die Doppelnamen überhaupt eigentlich für einen Sinn tragen, lässt sich heute schwer errathen, vermuthen dürfen wir nur, dass sie zunächst aus älterem Dichterbrauche herstammten, im letzten Grunde aber irgendwie mit einer lokalen Kultanrufung zusammenhingen. Jedenfalls kann ein Name wie Κύπρις leicht älter sein als Kypros, d. h. als die Ansiedelung der Hellenen auf diesem entlegenen Eilande und zu dem geographischen Namen in dem gleichen dunkelen Verhältnisse der Urverwandtschaft stehen, wie etwa die syrakusische Demeter und Kora Ἑρμιόνη zur gleichnamigen Stadt, Athena Ὄγκα zum Ortsnamen Ὄγκαι, die Artemis Χιτώνη von Syrakus zum attischen Demosnamen, der Name der

1) Welcker (Episch. Kyklos², S. 282. 351) hat aus der nämlichen Stelle herauslesen wollen, dass man zu Salamis auf Kypros an den Aphrodisien die Kyprien des Stasinos agonistisch rhapsodirt hätte. Der Hymnus soll das Prooimion zu einer solchen Rhapsodie vorstellen. Diese Auslegung lässt sich um so weniger begründen, als sich nichts Sicheres mehr ausmachen lässt, solche Beziehungen neuerdings sogar, z. B. von E. Rohde und Niese völlig geleugnet werden. A. Fick hat ohne Grund in dem Welcker'schen Gedanken den Antrieb zur Umdichtung sämmtlicher Aphroditehymnen in den kyprischen Dialect gefunden.

Göttin Athena zu Ἀθῆναι und ähnliche Fälle, wie sie bereits Lobeck in den Paralipom. S. 299—300 beschäftigt haben. Wie alt in der That der Name Κύπρις als Bezeichnung einer Göttin sein muss, lehrt die Thatsache, dass er auch bei den italischen Umbrern in der Form Cupra einer weiblichen Gottheit zukam. Die Identität des Namensstammes ist ebenso zweifellos wie etwa die von Ζεύς und Jovis. Die einzige Differenz zwischen Cupr-a und Κυπρ-ιδ- bildet das Suffix, eine so geringe Verschiedenheit, dass, um von weiteren Beispielen zu schweigen, noch in einer und derselben Sprache λῃΐς und λεία (λῃΐα) ohne sichtlichen Unterschied der Bedeutung neben einander gebraucht werden. Will man aber den Unterschied betonen, so könnte man Κύπρις, wenn nicht die Schwierigkeit der Betonung vorläge, als Deminutivum von Cupra betrachten, wie θυρίς von θύρα. Die Alten, welche Namensähnlichkeiten genau beobachteten und beständig zu historischen Schlüssen verwandten, haben es sich auffallenderweise entgehen lassen, zum Zwecke der Erklärung eine kyprische Colonie in Italien zu erfinden. Indessen ist dieses Versäumniss von den Neueren nachgeholt worden. Da wir indessen im 19 Jahrhundert erkannt haben, dass die stammverwandten Bewohner der hellenischen und italischen Halbinsel eine noch nicht gezählte Anzahl von Dingen mit lautverwandten Bezeichnungen benannten, so müssen wir die lautliche Verwandtschaft der beiden Benennungen einer Göttin anders erklären. Wie sie zu erklären ist, werden wir im Verlaufe dieser Betrachtungen sehen. Hier folgern wir nicht, dass Aphrodite und die Cupra mater eine und dieselbe Göttin seien, wohl aber, dass der Name Κύπρις uralt ist, nicht erst das Ethnikon von Κύπρος zu sein braucht.

Den Griechen war es unmöglich, das homerische Κύπρις nicht mit Kypros in direkten Zusammenhang zu setzen. Hierauf führte sie schon die Voraussetzung, dass Ilias und Odyssee einheitliche Schöpfungen eines und desselben Dichters seien. Nahmen sie nun wahr, dass der Dichter Homer im fünften Gesange der Ilias Aphrodite den Namen Κύπρις verlieh, dieselbe Göttin aber zugleich, abgesehen von den Hymnen, in der Odyssee (ϑ 362) nach Kypros, als ihrem Lande, heimkehren liess, so war jeder Zweifel unmöglich. Die moderne Homerkritik räumt die Möglichkeit, wenn nicht die Wahrscheinlichkeit oder Gewissheit ein, dass beide Epen von verschiedenen Dichtern vollendet wurden. Weiter gilt nach ihrem gemeinsamen Dafürhalten die Demodokosepisode als eine der jüngsten Einlagen in die Odyssee, während der fünfte Gesang der Ilias zu den älteren Bestandtheilen dieses Gedichtes zählt. Beide Dichterzeugnisse sind also individuell und zeitlich zu scheiden. Der Odyssee ist der Name Κύπρις sonst eben so fremd, wie seine Beziehung auf Kypros. Dafür ist ihr ein anderer Name der Göttin eigenthümlich, Κυθέρεια (σ 192). Der Demodokosdichter hat dagegen beide Namen, wahrscheinlich also auch den fünften Gesang des älteren wie den achtzehnten des jüngeren Epos, gekannt und in seiner Weise vermittelt, indem er die Κυθέρεια, wie auch er ϑ 288 die Göttin nennt, nicht etwa nach Kythera, sondern nach Kypros heimkehren liess. Ein zweiter sehr alter Vermittelungs- und Deutungsversuch begegnet uns in der Hesiodischen Theogonie (v. 188—206). Nur finden wir hier ein neues deutlicheres Epitheton κυπρογενής für das als synonym geltende Κύπρις, ebenso wie der ergiebigeren Deutbarkeit wegen Ἀφρο-

δίτη durch ἀφρογενής ersetzt oder gewissermaassen übersetzt ist. Der Hesiodische Mythus der Aphroditegeburt ist ein halbgelehrter Versuch, die bekanntesten epischen Epitheta der Göttin nebst ihrem Hauptnamen etymologisch zu deuten. Der Dichter verfuhr hierbei nicht anders, als die griechischen Dichter und Historiker aller Zeiten, wenn es galt, einen unverständlichen Namen aus der Geschichte zu deuten: sie nahmen die nöthige Geschichte aus ihrer erfindungsreichen Phantasie. Die Erzählung der Aphroditegeburt verdient in dieser Beziehung sinnreich genannt zu werden, da sie alle Momente der Deutung hübsch zusammenfasst. Die abgeschnittene Scham des Uranos fällt in's Meer und treibt, von dem Schaume der Wellen bedeckt, zuerst nach Kythera, darauf nach Kypros, wo die Göttin daraus geboren wird. So ergiebt sich κυπρογενής und auch Κύπρις aus Κύπρος und γίγνεσθαι, Κυθέρεια aus Κύθηρα, Ἀφροδίτη oder ἀφρογενής aus ἀφρός «der Schaum», endlich auch wohl, was der Dichter ungesagt lässt, das Epitheton οὐρανίη aus dem Namen des Uranos. Dieser etymologische Mythus, dessen Quellen eine artige Erfindungsgabe, vielleicht auch, wie Welcker vermuthete[1]), der schalkhafte Humor des sonst so ernsthaften Dichters sind, mochte bei der Autorität Hesiod's einem Historiker des Alterthums als historisches Zeugniss gelten, wie es für einen Griechen ganz in der Ordnung war. Dagegen könnte man die Modernen schelten, — sie mögen uncitirt bleiben — welche die Umstände des Mythus historisch erörterten, z. B. die Frage aufwarfen, warum der berühmte Schaum von Kythera nach Kypros, also von Westen nach Osten trieb, während doch laut Pausanias und allen Handbüchern der Aphroditekult in umgekehrter Richtung gewandert ist. Zu beachten ist am Mythus höchstens, dass hier zum ersten Mal Kypros geradezu als Geburtsland der Aphrodite bezeichnet wird, nicht in der etwas unbestimmten Beziehung zu ihr steht wie in der Odyssee und bei vielen späteren Dichtern, als Aufenthaltsort, ἄθυρμα oder Besitz der Göttin. Die Ilias weiss von jener Geburtssage um so weniger, als hier Aphrodite dem Zeus von einer göttlichen Gemahlin Dione auf dem gewöhnlichen Wege, ohne nähere Ortsangabe, geboren wird (E 370). Es ist das einer der Fälle, welche durch eindringendere Untersuchung leicht vervielfältigt werden könnten, wo es sich ergiebt, dass die Erzählungen über bestimmte historische Lokale, Landschaften, Inseln oder Städte als Geburtsorte der Götter, durchweg jungen Ursprunges sind.

So waren die Quellen beschaffen, auf deren Autorität hin Herodot Kypros und Kythera als die ältesten Stätten des hellenischen Aphroditekultes betrachtete. Derselbe Forscher, welcher den klugen und in gewissem Sinne sehr einsichtigen Ausspruch that, dass Homer und Hesiod die Geschichte der Götter in ihren Einzelheiten ersonnen hätten (II, 53), ergab sich hier der überlieferten poetischen Geschichte der Aphrodite mit allem Vertrauen, schon weil es ihm an jedem Mittel der Kritik fehlte. Wo waren denn die Geschichtsaufzeichnungen oder die Stiftungsurkunden der zahlreichen Aphroditetempel von Hellas, deren Studium ihm

1) Welcker: «Die Hesiodische Theogonie» 1865, S. 120.

ein abweichendes Urtheil erlaubt hätte? Die Benennungen Κύπρις «die Kyprierin» und Κυθέρεια «die Kytherische» lebten dagegen im Munde eines Jeden, welcher Dichter gelesen oder gehört hatte, fort. Hatte Hesiod noch in naiverem Glauben die Namen auf die persönliche Geburt der Göttin bezogen, so wendete der aufgeklärte Adept einer halbkritischen Geschichtsforschung die sich daran knüpfende Sage auf die Historie des Kultes. Im Grunde war der Unterschied nicht gross, denn wo die Göttin zuerst den Sterblichen erschienen war, da musste man ihr auch wohl die ersten Tempel geweiht haben. Merkwürdig bleibt es, dass auch die Geschichtsschreibung des neunzehnten Jahrhunderts hier ungefähr auf die gleichen Anschauungen basirt wird. Zwar hat sich der Glaube an die goldene Liebesgöttin inzwischen verloren, wenn auch ihre Macht noch immer deutlich genug an den Tag zu treten scheint. Die Vorstellung, dass eine Gottheit wie ein sterblicher Mensch einen bestimmten Geburtsort haben müsse, begegnet nur unserem mitleidigen Lächeln. Alles das hindert aber nicht, Sätze, welche diesen Glauben zur Voraussetzung haben, passend gewendet für wohlbezeugt gelten zu lassen, weitere historische Folgerungen darauf zu bauen und so die Produkte anthropomorphistischer Dichtung historisch aufgeputzt als «unumstössliche Thatsache» aus einem wissenschaftlichen Buche in das andere zu verpflanzen.

Kypros und die Kypris sind heute in eine historische Umgebung gerückt, in welcher sie das Alterthum noch nicht kannte. Der Umstand, dass auf Kypros noch in historischer Zeit Hellenen und Phönizier neben einander wohnten, wirkte unwiderstehlich auf die modernen Vertreter der Phönizierhypothese. Nachdem schon Gesenius in seiner Sammlung der phönizischen Inschriften die Insel als hellenisches Phönizierland oder phönizisches Hellenenland behandelt hatte, schien diese Vorstellung durch bedeutende archäologische Funde neue Nahrung zu erhalten. Die grossen Ausgrabungen, namentlich die des britischen Consuls Hamilton Lang und des General L. Cesnola, fesselten das Interesse der Archäologen, brachten den Namen der Insel auf die Lippen des ganzen gebildeten Publikums hauptsächlich deshalb, weil man mit dogmatischer Gewissheit glaubte, die Insel sei einst in der Vorzeit in grossem Maassstabe die Verbreiterin orientalisch-phönizischer Civilisation nach Hellas gewesen. Selbst die berechtigten Ansprüche der phönizischen Faktoreien im Mutterlande Hellas verblassten vor diesem Ruhme der phönizisch-hellenischen Insel. Wenn man die phönizische Astarte schon früher auf unbekannten Wegen als Kypris nach Hellas kommen liess, so konnte sie jetzt getrost dem breiten Strome der kyprischen Civilisation anvertraut werden. Schon der Name Κύπρις ward ohne viel Umschweife als Zeugniss des Phönizierthums betrachtet. Wurden doch überhaupt die Worte «kyprisch» und «phönizisch» fast als Synonyme behandelt. Wie wenig man, von solchen vorgefassten Meinungen beherrscht, zu prüfen und zu scheiden verstand, beweisen zwei Curiosa. Als die ersten kyprischen Statuen durch Guillaume Rey in den Louvre gelangten, hielt man es für möglich, sie trotz ihres Bartes als Astartebilder zu deuten, mit Berufung auf die bärtige Venus des Macrobius (III, 8). Die kyprischen Inschriften, welche sich nachher als griechisch erwiesen, wurden vom gelehrten Heidelberger Professor Röth unbedenklich als phönizische Inschriften ge-

deutet und übersetzt[1]). Allmählich hat sich ergeben, dass die Fragestellung, mit welcher die Entdecker und ersten Bearbeiter, in ihrem Gedankengange sicher beeinflusst von der üblichen Astarte-Kypris-Aphroditehypothese, an die Denkmäler herantraten, eine völlig irrige war. Die von I. H. Newton vorbereitete, von L. Heuzey zum Siege gebrachte Reaction hat hier endlich zu scheiden und zu prüfen gelehrt[2]). Dazu kam die glücklich gelungene Entzifferung der kyprisch-hellenischen Inschriften, welche, wie sich ergab, in einer alterthümlichen und eigenartigen Silbenschrift abgefasst waren. Die Thatsache, dass die Hellenen auf Kypros, trotz der nächsten Nachbarschaft der Phönizier, unter allen griechischen Stämmen allein nicht das phönizisch-semitische Alphabet angenommen haben, beweist, dass sie, weit entfernt semitisirt zu sein, ihren Inselgenossen von Alters her fremd gegenüber standen. Ein scharfer politischer Gegensatz dürfte im Jahre 709 oder 707 die hellenischen Stadtkönige von Kypros in das assyrische Lager geführt haben. Derselbe König Sargon, welchem sie sich freiwillig als Vasallen unterwarfen, war es wenigstens, welcher auch die Macht der Städte Phöniziens niederwarf[3]). Im ionischen Aufstand und im Zeitalter des Euagoras wird der gleiche politische Gegensatz auf's Neue entfacht. Das gesellschaftliche Verhältniss beider Racen ist in unbeabsichtigter Weise durch eine bei Antoninus Liberalis (c. 39) erhaltene Geschichte illustrirt[4]). Arkeophon, ein junger reicher Salaminier phönizischer Herkunft, verliebte sich in die Tochter des Königs Nikokreon und warb um dieselbe. Der König aber wies den Freier ab, aus dem bezeichnenden Grunde, weil er sich der Abkunft und der phönizischen Ahnen desselben schämte (Νικοκρέων δ' οὐχ ὑποδέχεται τὸν γάμον κατ' αἰσχύνην γένους τοῦ Ἀρκεοφῶντος, ὅτι αὐτῷ πατέρες ἦσαν Φοίνικες). Auch die Tochter wollte von dem «schlechten» Manne nichts wissen und als ihre Amme es wagte, dem Freier Beihülfe zu leisten, ward sie zur Strafe grausam verstümmelt. Man erkennt aus dieser kyprischen Liebesgeschichte die eingewurzelten Vorurtheile einer echten Colonialbevölkerung, bei welcher Stand und Race sich decken. Hierzu stimmt alles Uebrige, was wir von hellenischer Cultur auf Kypros wissen. Wir finden Einrichtungen, die tief im Altgriechen-

---

1) Röth: «Die Proclamation des Amasis an die Cyprier». Paris 1855.

2) Heuzey: Catalogue des figurines antiques de terre cuite au Musée du Louvre, T. I. Paris 1882, S. 112—203.

3) Die Sargonstele des Berliner Museums berichtet, nach der revidirten Uebersetzung von E. Schrader (Abhandl. der Berl. Akad. 1881, Abth. VII S. 25, Z. 28 ff.): «Auch die sieben Könige des Landes Jah, einer Gegend [des Landes At]nam, welche eine Wegestrecke von 7 Tagen inmitten des Meeres, des Unterganges der Sonne [wohnen] und deren Wohnsitz nisat, deren Landesnamen seit fernen Tagen, seit der Gründung Assyriens .... unter den Königen meinen Vätern, die da vor mir [wandelten], Niemand vernommen hatte: Sie hatten von den Thaten [welche] ich inmitten des Landes Kaldi und des Chattilandes [verrichtet] hatte, mitten im Meere [in der Ferne] vernommen, ihr Muth verliess (sie) [Furcht er]griff sie, Gold und Silber, [Geräthe aus] Kalholz, aus Ku-Holz, den Schatz ihres Landes [nach] Babylon zu mir [brachten sie und] küssten meine Füsse». Vgl. Schrader: Keilinschr. und Geschichtsforschung, S. 242 ff.; J. Halévy: Revue des études juives 1881, № 3, S. 1—14; Mélanges de critique et d'histoire, S. 24—37; Busolt: Gr. Gesch. I, S. 295. 299 ff.

4) Die Geschichte war übrigens bereits im Alterthum in mehreren Varianten verbreitet und scheint eine ältere Fabel gewesen zu sein, die man nach Kypros übertragen hat, worüber Rohde: Gesch. d. griech. Romans, S. 79 zu vergleichen ist.

thum wurzeln, mit einem zähe conservativen Geiste festgehalten, wie er sich nur in abgelegenen Colonien, begünstigt durch die überseeische insulare Lage und den fortdauernden Gegensatz fremdem Volksthum gegenüber, erhält. In den kyprischen Städten walteten bis auf Ptolemaios I Könige, welche in altgriechischer Weise militärische, richterliche und priesterliche Functionen vereinigten, von Anakten umgeben wie die Könige Homer's[1]). Noch im ionischen Aufstande zogen die Kyprier auf Streitwagen in's Feld gleich den Kämpfern vor Ilios (Herod. V, 113). Die geschäftliche Prosa der inschriftlichen Urkunden zeigt Worte in lebendigem Gebrauche, welche uns sonst nur in der alterthümlichen Sprache der ältesten Schriftdenkmäler von Hellas, den epischen Gedichten, begegnen. Noch am Ausgange des IV Jahrhunderts copiren endlich die Künstler auf der Insel Werke einer archaischen Skulptur, die noch in Stil und Technik der Assyrer befangen ist, ganz ähnlich der Skulptur, wie sie Jahrhunderte früher in Ionien geblüht hatte. Es ist als ob ein unreifer Kunstkeim, in alter Zeit auf die Insel gebracht, Jahrhunderte lang, ohne sich von seinem Boden zu erheben, fortrankt. Nichts ist deshalb für das Verständniss des hellenischen Kypros belehrender, als ein Gang durch die wohlgeordnete Sammlung im Musée Campana des Louvre. Unvermittelt gleitet hier das Auge von den Erzeugnissen jener greisenhaft gewordenen altgriechisch-asiatischen Skulptur hinüber zu den anmuthigsten Werken der reifen hellenistischen Kunstperiode. Nach den vorbereitenden Versuchen des Euagoras und seiner Nachfolger ward die Insel erst beim Anbruch der Diadochenzeit aus ihrer isolirten Lage befreit und nicht bloss in die neuen Welthändel, sondern auch in den Kreis der hellenistischen Kultur hineingezogen. Damals übersprang sie die Jahrhunderte, während welcher eine gesonderte und kümmerliche, manchen äusserlichen Einflüssen des Orients ausgesetzte Entwicklung sie von der weit fortgeschrittenen Kultur des Mutterlandes getrennt hatte. Von da an datirt auch ihre Weltrolle, soweit von einer solchen überhaupt die Rede sein kann. Wenn nämlich das kyprische Hellenenthum schon früher nicht ohne Einwirkung auf die Phönizier geblieben war, so ward es nun ein nicht unwichtiger Faktor bei der Hellenisirung des seleukidischen und ptolemäischen Reiches.

Es braucht nicht erst ausgeführt zu werden, wie schlecht zu diesem Gesammtbilde die hergebrachte religionsgeschichtliche These von der aus Kypros über Hellas verbreiteten orientalischen Aphrodite passt. In religiöser Beziehung müssten die Kyprier sich in der That genau umgekehrt verhalten haben, als in allen übrigen Dingen. Soll man es glaublich finden, dass die hellenischen Ansiedler ohne Götterdienste in's Land kamen oder ihre mitgebrachten Götter so bald gegen die eines fremden, feindlichen Volkes vertauschten? An keinerlei Dingen pflegt doch sonst ein conservatives Volk so treu zu hängen, als an der alther-

1) Ueber die kyprischen ἄνακτες vgl. Aristol. Pol. fr. 203 bei Suidas; Harpocr. Etym. Mag. s. v.; Isocr. IX, 72, Klearchos v. Soloi Γεργίθιος (fr. 25) bei Athen. VI, p. 255 C. ὅ τι δ'ἂν ἀκούσωσιν ἀναφέρουσιν ἑκάστης ἡμέρας πρὸς τοὺς καλουμένους ἄνακτας. Bilingue Inschrift von Idalion (Deecke-Collitz № 59) ὁ Fάναξ [Βαάλραμ] ὁ Ἀβιμιλκῶν. Man liess sich durch die Analogie Homer's mit der kyprischen Institution sogar dazu verführen, den Vers N 582 Ἑλένῳ ἥρωι ἄνακτι einem kyprischen Diorthoten zuzuschreiben (vgl. Eusthatios z. St).

gebrachten Religion. Hätten nun vollends die hellenischen Kyprier den Dienst der Aphrodite, wie man aus ihrem Namen Κύπρις schliessen zu müssen glaubt, über Hellas verbreitet, so müssten sie zu diesem Zwecke ihr isolirtes Inselleben unterbrochen haben. Zieht man es endlich vor, den Phöniziern von Kition diese Rolle zuzuweisen, so hätte man denselben einen Antheil am Mittelmeerverkehr zuzuweisen, wie ihn in Wirklichkeit nur Sidon und Tyrus besessen haben. Nach beiden Seiten hin tritt also die übliche historische Erklärung von Κύπρις in unlösbaren Widerspruch zu festen Thatsachen der kyprischen Geschichte.

Wir haben uns bemüht, nachzuweisen, dass über den Ursprung des Aphroditekultus auf der Insel Kypros ebensowenig im Alterthum wie heute etwas Sicheres überliefert war. Alles, was man darüber zu wissen geglaubt hat, ist aus der Deutung des Namens Κύπρις geflossen. Diese ungenaue und schwankende Auskunft bewog lange Jahrhunderte nach Herodot den sich als Jünger und Nachfolger desselben und der Logographen gebärdenden Historiker Pausanias, die Mängel der Ueberlieferung zu ergänzen. Seinen Herodot vor Augen, construirte er aus dessen Angaben über die sogenannte Aphrodite der Assyrier (I, 131. 199) und aus der uns schon bekannten Stelle über Kypros und Kythera folgenden Satz (I, 17, 6): πρώτοις δὲ ἀνθρώπων Ἀσσυρίοις κατέστη σέβεσθαι τὴν Οὐρανίαν, μετὰ δὲ Ἀσσυρίους Κυπρίων Παφίοις καὶ Φοινίκων τοῖς Ἀσκάλωνα ἔχουσιν ἐν τῇ Παλαιστίνῃ. Παρὰ δὲ Φοινίκων Κυθήριοι μαθόντες σέβουσιν. Völlig neu ist hier die Erwähnung von Paphos, welche bei Herodot fehlt. Vermöge einer Art von Interpolation ist Paphos bei Pausanias an Stelle des Herodotischen τὸ ἐν Κύπρῳ ἱρόν getreten. Wenn irgendwo die Quellenkritik Rechte und Verpflichtungen auferlegt, so müsste hier jener willkürliche und subjective Zusatz entfernt und als nichtig betrachtet werden. Statt dessen halten die modernen Historiker fast ausnahmslos die Meinung des Pausanias als selbstständiges historisches Zeugniss aufrecht, offenbar doch nur, weil es bequem ist, für eigene unkritische Sätze einen griechischen Text als Unterlage zu besitzen. Die heute beliebte Ansicht will Paphos zu einer Metropole des Aphroditekultes machen, und zwar soll hier der berühmte Uebergang von den Phöniziern zu den Hellenen stattgefunden haben. Um aber Paphos und seinem altberühmten Kulte phönizischen Ursprung zu verschaffen, hat man auch hier wieder die Dienste eines Repräsentativheros in Anspruch genommen, welcher in der nöthigen Mischung historisch und doch wieder unhistorisch ist. Es ist Kinyras, dem eine Sage des Alterthums die Gründung des paphischen Tempels zuschrieb, eben so wie auf ihn, als den Ahnherren des Königsgeschlechtes der Kinyraden, die Gründung der Stadt zurückgeführt wurde. Seine Gestalt verdient um so mehr Interesse für uns, als die richtige Betrachtung derselben einen nicht unwichtigen Schlüssel zu der vorliegenden Frage zu bieten vermag. Wie verhält es sich zunächst mit dem Phönizierthum des Kinyras und der Stadt, deren ältester König er gewesen sein soll? Um die jüngeren und jüngsten Meinungsäusserungen zu übergehen, so hatten sich bereits Movers, der eifrige Phönizist, und der maassvolle Hellenist Engel in Bezug auf Kinyras geeinigt. Jener behauptete (Phönizier II, 227), Kinyras sei die Bezeichnung eines im nördlichen Phönizien, speciell in Byblos heimischen Gottes, und er sah weiterhin die älteste phönizische Geschichte auf Kypros, die Peri-

ode der Herrschaft von Byblos, in ihm vertreten, wie ihm die sidonische Herrschaft durch den König Belos, die tyrische durch Pygmalion repräsentirt wird. Engel dagegen sagt (Kypros I, 169) mit einer wichtigen Einschränkung: «Kinyras steht, ungeachtet er eigentlich die phönikische Zeit auf Kypros repräsentirt, ganz in griechischem Gewande da, und er ist ein Heros, wie die Heroen der übrigen griechischen Länder». In der That erscheint er als ein solcher Heros in der Ilias Λ 19 ff., wo es von Agamemnon, als er sich zum Kampfe rüstete, heisst:

δεύτερον αὖ θώρηκα περὶ στήθεσσιν ἔδυνεν,
τόν ποτέ οἱ Κινύρης δῶκε ξεινήιον εἶναι.
πεύθετο γὰρ Κύπρονδε μέγα κλέος, οὕνεκ' Ἀχαιοί
ἐς Τροίην νήεσσιν ἀναπλεύσεσθαι ἔμελλον.
τούνεκά οἱ τὸν δῶκε, χαριζόμενος βασιλῆι.

Wegen der kunstvollen Arbeit des Panzers, welchen die darauf folgenden Verse beschreiben, meint nun freilich ein ausgezeichneter Kunsthistoriker, müsse der Dichter den Kinyras sich als Phönizier vorgestellt haben[1]). Man wird aber zugeben müssen, dass man auf diese Art Homer alle möglichen Hintergedanken zuschieben kann. Ebenso gut könnte man dem Dichter etwa die verschwiegene Absicht, Thetis als phönizische Göttin darzustellen, zumessen, weil sie ihren Sohn mit einem Meisterwerke der Schmiede- und Ciselirkunst beschenkt. Die Bemerkung Engel's, dass Kinyras als griechischer Heros, wie jeder beliebige andere, erscheint, findet ihre Bestätigung nicht bloss in der Ilias, sondern auch bei allen älteren Schriftstellern. Pindar besingt ihn wiederholt (Pyth. 2, 27; Nem. 8, 30), Tyrtaios (fr. 12, 6), noch Plato (Gesetze, 2, 660 e) erwähnen ihn in verschiedenen Beziehungen, ohne irgendwie anzudeuten, dass der Heros bei Lebzeiten nicht Hellene, sondern Phönizier gewesen sei. Der erste Hinweis auf eine syrische Heimath begegnet uns in der sogenannten Apollodorischen Bibliothek, bekanntlich einem Erzeugnisse des Augusteischen Zeitalters. Sandakos, heisst es hier (III, 14, 4), kam aus Syrien nach Kilikien, gründete die Stadt Kelenderis und erzeugte Kinyras, den König der Syrer. Dieser Kinyras kam mit einer Schaar seines Volkes nach Kypros und gründete daselbst Paphos. Bestimmter macht ihn Strabo (XVI, p. 755), der wie auch wohl der Verfasser der Bibliothek, eine hellenistische Quelle benutzt hat, zum König von Byblos, womit die späten Zeugnisse des Eustathios zu Dion. Perieg. 912, des

1) Perrot: Histoire de l'art dans l'antiquité III, S. 866; Helbig d. hom. Epos S. 14. Nicht unmöglich ist es übrigens, dass der Panzer des Kinyras einst auf einer realeren Grundlage beruhte, als es uns heute scheint. Nach Aristoles Pol. fr. 75 (bei dem Schol. zu Pind. Isthm. VII, 18) wurde am Hyakinthienfeste zu Amyklai ein Panzer öffentlich ausgestellt, den man Θηβαίων ὅπλον nannte. Die historische Auslegung liess ihn einst dem Timomachos aus dem Geschlechte der Aigeiden, gehören, welcher die Spartaner im Kampfe gegen Amyklai unterstützt haben sollte. Vielleicht gab es an irgend einem verschollenen Kultorte einen ähnlichen heiligen Panzer, als dessen successive Besitzer Kinyras und Agamemnon galten. Eustathios und die Scholiasten zur Ilias Λ 20 knüpfen noch manche Geschichtchen an jenen Panzer. Theopomp (fr. 111 bei Photios) hatte von einem Eroberungskriege des Agamemnon gegen Kinyras erzählt. Ein zweiter Mythenfetzen (Lucian. Vera hist. II, 25) lässt durchblicken, dass Kinyras oder Kinyros, wie er hier heisst, sogar als Räuber der Helena gegolten hatte.

Iliasscholiasten zu Λ 20 und die pseudo-lukianische Schrift über die syrische Göttin (c. 9) übereinstimmen. Alles lässt vermuthen, dass die Herrschaft des Kinyras in Syrien eine junge Erfindung hellenistischer Autoren ist, denen nichts geläufiger war, als dem frisch hellenisirten Orient seinen Antheil an der griechischen Urgeschichte zu verschaffen, wie die Mythen des Deukalion, Triptolemos, der Io u. a. in ihrer letzten pragmatisirten Form zeigen. Weshalb auch Kinyras diesen Weg nahm, hat bereits Engel (Kypr. II, 108) klar angegeben. Er sagt: «In den Gegenden, wohin sich der Kultus des Adonis besonders verbreitete, dahin erweiterte sich auch das Reich des Kinyras. In Bezug auf den Kult des Adonis im gesammten Syrien heisst Kinyras auch König von Assyrien. Vor allem heisst Byblos das Reich des Kinyras, weil hier Adonis ganz vorzüglich verehrt wurde». Es ist in der That kein Zufall, dass gerade Apollodor die Angabe von dem syrischen Könige Kinyras mit einer anderen verbindet, wonach Adonis sein Sohn gewesensein soll, eine Genealogie, die spätere Autoren häufig wiederholt haben[1]). Derselbe Apollodor (III, 14, 4) führt nebenbei ein Fragment des Hesiod an, in welchem Phoinix und Alphesiboia als Eltern des Adonis genannt werden. Ohne Anstand mochte man auch hier Φοῖνιξ für einen Phönizier nehmen, selbst wenn dem alten Dichter dem Heroennamen gegenüber ein solches Wortspiel ganz fern gelegen hätte. Adonis besass in Amathus auf Kypros ein altes Heiligthum, welches er mit der Aphrodite theilte (Paus. IX, 41, 2). Dieselbe Stadt wird nun auch als Herrschersitz des Kinyras bezeichnet (Theopomp. fr. 111 ἀπελάσαντες τοὺς μετὰ Κινύρου, ὧν εἰσιν ὑπολιπεῖς οἱ Ἀμαθούσιοι [2]). In Amathus dürfte es einen Kult des Kinyras gegeben haben, und hier letzterer mit Adonis in Zusammenhang gebracht worden sein. Später vereinigte sich der kyprische Gott Adonis mit dem aus Aegypten, vielleicht durch Vermittlung der phönizischen Kitier, eingedrungenen Osiris, da Steph. Byzant. s. v. Ἀμαθοῦς den Adonistempel als Heiligthum des Adonis-Osiris bezeichnet [3]). Auf dem gegenüberliegenden Festlande von Nordsyrien wurde Adonis in hellenistischer Zeit mit einem dort einheimischen Gotte, vermuthlich dem Tammuz, identificirt. Der Kult dieses Adonis zu Aphaka im Libanon, namentlich aber der in Byblos (Luc. de dea Syria, c. 9), scheint in hellenistischer und römischer Zeit zu grosser Bedeutung gelangt zu sein. Mit Adonis wanderte auch sein Vater Kinyras auf das Festland. Als nun die hellenistischen Schriftsteller die pragmatische Ge-

1) Bion I, 91; Ael. nat. hist. 9, 36; Athen. X, 456 A; Ov. Met. X, 712. 730.

2) Skylax per. p. 41 nennt die Bewohner von Amathus αὐτόχθονες, was sich mit dem historisirten Mythus bei Theopompos deckt. Von einer Einwanderung des Kinyras war hier noch nicht die Rede, er war Autochthone wie sein Volk. In keinem Falle darf Skylax den Anlass bieten, Hittiter, Phönizier oder ein anderes historisches Volk dem Kinyras unterzuschieben.

3) Steph. Byz. Ἀμαθοῦς· πόλις Κύπρου ἀρχαιοτάτη, ἐν ᾗ Ἄδωνις Ὄσιρις ἐτιμᾶτο, ὃν Αἰγύπτιον ὄντα Κύπριοι καὶ Φοίνικες ἰδιοποιοῦνται. Kyprische Weihinschriften an Osiris bei Deecke-Collitz № 45 und 72, wo sein Kult mit dem des Apollon verbunden zu sein scheint. Die ägyptisirenden Statuen, wie sie namentlich von L. Cesnola zahlreich bei Athienu gefunden worden sind, müssen als Bilder des Osiris, der Isis und des Horos (vgl. die Weihinschr. an Horos Deecke-Collitz 41) erklärt werden. Unter den Kalkstein- und Terrakottafiguren aus kyprischen Gräbern sind die Bilder dieser Götter und des Harpokrates-Eros sehr zahlreich, wenngleich noch unerkannt. Ein ἱερὸν Ἀφροδίτης καὶ Ἴσιδος in Soloi erwähnt Strabon XIV, p. 683. Alle diese Thatsachen sind auffallender Weise ganz unberücksichtigt geblieben bei Lafaye: Histoire du culte des divinités d'Alexandrie (Bibl. des écol. franç. d'Athènes et de Rome, fasc. 33).

schichte des Heros anfertigten, stand es ihnen frei, den bekannten König von Paphos oder Amathus nach Byblos auswandern zu lassen oder umgekehrt. Sie haben letzteres vorgezogen, weil der Name einmal an Paphos haftete, vielleicht auch, weil das Grab des Kinyras im paphischen Heiligthum noch vorhanden war. Ein schlecht erfundener Zug ist die angebliche Herrschaft des Kinyras über die ganze Insel[1]). Sie begegnet sich mit der Angabe, dass ganz Syrien sein Reich gewesen sei. Während letztere die seleukidische Zeit anzeigt, setzt erstere die Vernichtung der kleinen unabhängigen Königreiche auf Kypros im Jahre 311 durch Ptolemaios voraus.

Eben so wenig, wie für Kinyras, lässt sich auch für Paphos ursprüngliches Phönizierthum nachweisen. Wir haben nicht den geringsten Anhaltspunkt dafür, es sei denn das vage Bedürfniss nach einer phönizisch-hellenischen Mutterstadt des Aphroditekultes. Auf den Denkmälern des Königs Assarhaddon (681—668) erscheint bereits der Name eines hellenischen Stadtkönigs von Paphos. Die Richtigkeit der keilinschriftlichen Lesung Itûandar wurde durch die griechisch-epichorische Aufschrift zweier nachher vom General Cesnola gefundener Goldarmbänder Ἐτεϝάνδρω τῶ Πάφω βασιλέϝος glänzend bestätigt[2]). Sie brauchen freilich nicht demselben assyrischen Vasallen gehört zu haben, sondern einem gleichnamigen Nachkommen. In der ersten Hälfte des VII Jahrhunderts tritt also Paphos jedenfalls als griechische Stadt in die Geschichte ein. Es kann uns wenig kümmern, ob jener Etevandros möglicherweise auch über phönizische Metöken herrschte. Dass diese Phönizier, deren es wohl in jeder kyprischen Stadt mehrere gab, den Aphroditetempel gegründet hätten, das Königsgeschlecht aber, welches nach althellenischer Sitte zugleich das Priesteramt versah, ursprünglich semitisch, später erst hellenisirt worden sei, das wären ganz müssige Behauptungen. Sicher wird doch jener Etevandros ebenso gut der Nachkomme eines hellenischen Ktisten gewesen sein wie seine Mitkönige auf der Insel. Als König von Paphos hat er sich einen Kinyraden genannt, wie die spartanischen Könige sich als Herakliden bezeichneten. Es entsprach einer nicht bloss hellenischen, sondern ebensogut italischen oder keltischen oder germanischen Sitte, dass die Geschlechter der Fürsten oder auch der Edlen auf einen mythischen Stammvater zurückgeführt wurden. Wer den Unterschied zwischen den ἥρωες und den Göttern klarzulegen wüsste, der nur wird hier eine Verschiedenheit mit der Abstammung etwa der angelsächsischen Könige von Wuotan glaublich machen können. Solange die Geschichtspfuscherei die Stammbäume noch nicht verdorben hatte, war es eine Unmöglichkeit, dass irgend ein Königsgeschlecht nicht von einem einheimischen, sondern von einem ausländischen Gotte abzustammen wünschte.

Wir haben also mit einem griechischen Königsgeschlecht und einer griechischen Colonialstadt zu rechnen, wenn wir uns nicht des auf jedem anderen Geschichtsfelde verpönten Verfahrens, Alter und Werth der Zeugnisse auf den Kopf zu stellen, statt sie kritisch zu

1) Engel II, S. 104, Anmerkung 24.
2) Die Armbänder des Etevandros, Cesnola-Stern Cypern, S. 264, Taf. LIV, 2; im übrigen vgl. die Note 3 zu Seite 25 dieser Abhandl.

ordnen, bedienen sollen. Selbst der Name der Stadt Πάφος, also das allerälteste überhaupt erreichbare Zeugniss, weiss nichts von phönizischem Ursprung. Olshausen hat mit Recht hier auf jeden Versuch semitischer Etymologie verzichtet. Der Stamm von Πάφος findet sich deutlich im gut griechischen Mannesnamen Πάφ-ων wieder. Berücksichtigt man das bekannte Lautgesetz des Griechischen, wonach vermöge eines Artikulationswechsels so häufig aus einem velar gesprochen κ vor dumpfen Vokalen die gleichartige Labialis wird, so könnte Καφυαί in Arkadien den geschichtlichen Zusammenhang beider Landschaften bestätigen. Καφυαί steht für Καϙ*F*αί, Πάφος für Πάϙ*F*ος, wobei das *F* in dem arkadischen Namen zum Vokal, im kyprischen mit der Aspirata zu einem Spiranten verbunden wurde. Die Schreibung Καπυαί für Καφυαί drückte wahrscheinlich die erhaltene Aspirata aus—Kaphuai. Die innere Aspirirung erklärt sich endlich durch verschwundenen tönenden Nasallaut, welcher in denNamen Πάμφος, Παμφώ, namentlich aber bei den mit den Kypriern stammverwandten[1]) Παμφ-ύλ-ιοι für Πάμϙ-*F*άλ-ιοι zu Tage tritt. Aehnliche Lautverhältnisse zeigt die offenbar urverwandte italische Sippe campus, Campania und Capua, oskisch Kapva. Es müsste derselbe Nominalstamm sein, wie in κῆπ-ος, nur geht die Verwendung zu Ortsbezeichnungen auf eine ältere Wortbedeutung zurück, die etwa «Land», «Bezirk» war.

Zu Kinyras und mit ihm zur Aphrodite zurückkehrend, behaupten wir, dass ihr Tempel Paphos nie einen phönizischen, sondern von Anfang an einen hellenischen Kult beherbergt hat. Um dieses näher zu erweisen, bedarf es einer begründeteren Einsicht in die Natur und Bedeutung jenes mit der paphischen Göttin so enge verbundenen Heros. Die klassische Stelle über ihn enthält der zweite pythische Siegesgesang des Pindar v. 15:

κελαδέοντι μὲν ἀμφὶ Κινύραν πολλάκις
φᾶμαι Κυπρίων, τὸν ὁ χρυσοχαῖτα προφρόνως ἐφίλασ' Ἀπόλλων,
ἱερέα κτίλον Ἀφροδίτας.

«Es preisen die Gesänge der Kyprier vielfach den Kinyras, welchen der goldgelockte Apollon hingebend liebte, den zarten Priester der Aphrodite». Dass man sich Kinyras als Priester dachte, hat seinen Grund nicht in dem Wunsche, einen «Repräsentanten» oder eine «Personification» des Priesterthums der Aphrodite zu erfinden, sondern in der bekannten Thatsache, dass er als Ahne des Priestergeschlechtes der Kinyraden galt. Auch in anderen griechischen Priestergeschlechtern war es Brauch, den mythischen Ahnherren als ersten Priester oder Seher der Gottheit sich vorzustellen, wie z. B. bei den Eumolpiden in Eleusis, den Eteobutaden zu Athen, den Androkliden zu Ephesos u. a. Da weiter das Kinyradengeschlecht von Paphos die erbliche Oberpriesterwürde mit der Königswürde vereinigte, wie im spartanischen Königsgeschlecht der Herakliden, so galt Kinyras auch als ältester König. Eine enge Beziehung zur Aphrodite, die, wie wir sehen werden, auch aus seiner Kultgemeinschaft mit ihr hervorging, veranlasste die Sage, ein Liebesverhältniss des Heros zu der durch ihre Liebes-

1) Bechtel in Bezzenberger's Beiträgen V (1880), S. 325 ff., 337. Busolt: Gr. Gesch. I, S. 298, Anm. 6 «der pamphylische Dialekt steht dem kyprischen am nächsten».

abenteuer ohnehin bekannten Göttin zu erfinden. Nach diesen Seiten, als Gründer der Stadt, ihres vornehmsten Heiligthumes und als Geliebter der Aphrodite, kennt ihn die spätere mythische Vulgärtradition. Um so merkwürdiger ist nun die Aussage Pindar's, dass er ein Geliebter, nicht der Aphrodite, sondern des Apollon war. Allerdings melden noch andere Mythenbruchstücke von Beziehungen zu jenem Gotte. Gleich der Scholiast zu jener Pindarstelle sagt: ἦν δὲ οὗτος Ἀπόλλωνος υἱὸς καὶ Πάφου (l. Παφίας) und auch Hesych. s. v. nennt ihn einen Sohn des Apollon und der Pharnake. Endlich lief die Erzählung um, Kinyras sei von Apollo in Folge eines musikalischen Wettstreites getödtet worden. Suidas (s. v. Κινύρας) scheint zu verrathen, dass letztere Geschichte, eine Nachbildung der Marsyaserzählung, aus der falschen Etymologie von κινύρα, der grăcisirten Bezeichnung eines semitischen Seiteninstrumentes (kinnor), geflossen ist. Die Vaterschaft des Apollon ist dagegen durch Raoul-Rachette[1]) in sehr glücklicher Weise erklärt worden. Die Apollodorische Bibliothek (III, 14, 4) berichtet nämlich, dass Sandokos, der Gründer von Kelenderis in Kilikien, von der Pharnake den Kinyras erzeugte. Pharnake nennt auch Hesych. als Mutter, für Sandokos als Vater den Apollon. Münzen von Kelenderis zeigen nun Abbildungen des Apollon, mit den beigeschriebenen Buchstaben ΣΑΝ oder ΣΑ, welche man sicher mit Recht als Abkürzung von Σάνδακος gedeutet hat. Dieser mythische Gründer von Kelenderis, ein kleinasiatischer Gott, dessen Namen die Griechen auch durch Σάνδας, Σάνδαξ, Σανδών, Ξάνθος wiedergeben, wurde also dem Apollon gleichgesetzt, und dieser Sandakos-Apollon ist der Gemahl der Pharnake und Vater des Kinyras. Wir haben deshalb noch nicht das Recht, auch den Kinyras für einen aus Kilikien herstammenden Gott anzusehen. Umgekehrt ist er vielmehr von Kypros aus auf das gegenüberliegende Festland verpflanzt worden. So sehen wir, eine belehrende Analogie, wie Teukros, der Ahnherr der Könige von Salamis, von der Insel bis nach Olbe, im Inneren Kilikiens, gelangt ist, wo sich ein Priestergeschlecht zur Zeit des Strabon der Abstammung von diesem Heros rühmte (Strab. XIV p. 672). Teukros wie Kinyras, beide an einheimischen Kulten lokalisirt, zeugen für den, allerdings nicht weit reichenden, Einfluss der kyprischen Heroenreligion. Ueberhaupt standen die Griechenstädte an der Südküste Kleinasiens zu den Ansiedelungen auf Kypros in engerer Beziehung als es die gelehrte Gründungstradition des Alterthums voraussetzen lässt. Die pamphylischen Inschriften zeigen einen dem kyprischen nächstverwandten Dialekt. Offenbar kam auch die Griechenflotte, welche unter Sanherib von Assyrien (708—681) in Kilikien einfiel, von Kypros her und dürfte mit der Ueberlieferung von einer Seeherrschaft der Kyprier zusammenhängen[2]). Sanherib gelang es noch, die Ein-

1) Raoul-Rachette: Acad. des Inscriptions, Mémoires XVII, pt. 2, S. 216 ff. Ahrens: Orient und Occident III (1864), «Ueber eine wichtige indogermanische Familie von Götternamen», S. 15.

2) Alex. Polyhistor bei Euseb. Chron. p. 27 Schöne: Cum ille fama accepisset Iones (Graecos) in Cilicum terram belli movendi causa pervenisse, eo contendebat, aciem contra aciem instruebat, ac multis (quidem) de suo exercitu caesis hostes (tamen) bello vincebat, atque (in) victoriae monumentum imaginem suam eo in loco erectam relinquebat, Chaldaicisque litteris fortitudinem ac virtutem et futurorum temporum memoriam incidi iubebat. Die Seeherrschaft der Kyprier bei Euseb. Chr. p. 225. Niebuhr: Vorträge üb. alte Länder- und Völkerkunde (S. 674) vermuthete einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Seeunternehmung nach Kilikien und der Gründung der Colonien auf Kypros.

dringliche nach einer heissen Schlacht zurückzutreiben und seine Nachfolger Assarhaddon und Assarbanipal zählen unter ihren Vasallen auch die kyprischen Fürsten wieder auf, wie der im Jahre 708 gestorbene Sargon. Bald müssen aber die Hellenen in Kilikien festen Fuss gefasst haben, vielleicht, wenn die Nachricht des Mela (I, 13. 14) von der samischen Gründung von Kelenderis und Nagidos richtig ist, mit Unterstützung ihrer ionischen Landsleute. Von den Küstenstädten aus verbreitete sich allmählich griechische Cultur über die Landschaft. Auf diesem Wege muss die Verbindung des Kinyras mit Apollon-Sandakos, einem hellenisirten Gotte der Kilikier, zu Stande gekommen sein. Die Aussage des Pindar auf Grund kyprischer Gesänge bleibt davon unberührt und für sich bestehen. Kinyras galt den Kypriern damals für einen zarten, von Apollon geliebten Jüngling. Es bedarf nur der Erinnerung an Branchos, Linos, Hyakinthos und die übrigen Lieblinge des Apollon und anderer Götter, um hier einen wiederkehrenden Zug echt griechischer Mythen zu erkennen. Wie Branchos einst ein Seher und Ahnherr des priesterlichen Geschlechtes der Βραγχίδαι war, so ist auch Kinyras Prophet (Clem. Alex. Strom. I, p. 398) und seine Nachkommen die Κινυράδαι ein Seher- und Priestergeschlecht. Wie sich ferner im Tempel des Apollon Lykeios zu Argos ein Grab des Linos befand, an welches sich das Fest Ἀρνίς oder Κυνοφοντίς anknüpfte, wie das heilige Grab des Hyakinthos in Amyklai eine Stätte des Hyakinthienfestes war, wie im Apollotempel zu Telmessos der Seherheros Telmessos, im Hain des Apollon Karneios bei Andania Eurytos begraben lag, so gab es nach einer kostbaren Notiz auch im Tempel von Paphos ein Grab des Kinyras und seiner Nachkommen. Der Gewährsmann dieser Nachricht ist ein vortrefflicher Zeuge, wenn es derselbe Ptolemaios, Sohn des Hegesandros von Megalopolis war, den Polybios (XVIII, 38, 8; XXVII, 12) als ägyptischen Statthalter von Kypros erwähnt. Jene Notiz lautet bei Clem. Alex. Protr. p. 40: Πτολεμαῖος δὲ ὁ τοῦ Ἀγησάνδρου ἐν τῷ πρώτῳ τῶν περὶ τὸν Φιλοπάτορα, ἐν Πάφῳ λέγει ἐν τῷ τῆς Ἀφροδίτης ἱερῷ Κινύραν τε καὶ τοὺς Κινύρου ἀπογόνους κεκηδεῦσθαι. Irrthümlich las bereits Engel (II, 108) hier die Sitte heraus, die Kinyraden d. h. den jeweiligen König oder Priester im Tempel beizusetzen. Noch weiter ist Fr. Lenormant gegangen (Gaz. archéolog. 1878, S. 192 ff.; 1879, S. 187 ff.). In offenbarer Reminiscenz an mittelalterliche oder moderne Kirchengräber schloss er sich nicht bloss Engel an, sondern er fand sogar in einer Reihe von Cesnola bei Athienu gefundener Statuen Grabbilder der Kinyradenpriester, wobei er sich auf eine unverkennbare Familienähnlichkeit der Gesichter berufen zu können glaubte. Jener Cesnola'sche Tempel lag aber bei Idalion, weit entfernt von Paphos und hatte folglich mit den Kinyraden nichts zu thun. Die angebliche Familienähnlichkeit der massenhaft zusammen angetroffenen Steinbilder erklärt sich besser durch die Copistengewohnheiten der altkyprischen Künstler. Zudem liegt die Vermuthung nahe, dass sie als Weihbilder Reproduktionen eines und desselben Gottes darstellen, dem auch der Tempel oder das τέμενος geweiht war. Bei der bekannten Scheu der Griechen, Göttertempel durch Leichen zu verunreinigen, kann weder in Athienu noch im paphischen Tempel von einem Erbbegräbniss die Rede sein. Vielmehr gehört jenes Tempelgrab des Kinyras in die von uns aufgestellte

Reihe hinein und bedeutete die Stätte eines chthonischen Heroenkultes. Die «Nachkommen des Kinyras» dürften seine Kinder gewesen sein, deren bei Apollodor (III, 14, 3) mehrere namentlich aufgeführt werden. Vielleicht hatten diese Κινυράδαι ein besonderes Grab neben dem des Vaters. Die Erinnerung an die ganze Heroensippe wurde wohl alljährlich durch feierliche Spenden, nach dem alten, den chthonischen Göttern, den Heroen und den Todten gemeinsamen Ritus, wach erhalten.

Der Tempel zu Paphos enthielt aber noch ein Grab und zwar das der Aphrodite selbst[1]). Dieser Thatsache gegenüber muss der letzte Zweifel über einen chthonischen Parallelkult des Kinyras und der Aphrodite schwinden. Das Grab des Kinyras war ein Göttergrab, den Ausdruck «Gott» in dem weiteren Sinne genommen, welcher auch die Sonderbezeichnung als ἥρως miteinbegreift. Verstehen wir nämlich unter «Göttern» übernatürliche, geisterartige Wesen, denen man religiöse Verehrung schuldig zu sein glaubte, so waren die ἥρωες unzweifelhaft solche, mochte, wie in dem Gebete der elischen Frauen (Plut. Qu. Gr. 36) Dionysos als ἥρως angerufen werden, oder Wesen wie Amphiaraos, Achilleus, Asklepios oder Herakles mit Tempeln und ausgebildeten Eigenkulten, oder die Schaar ausgezeichneter Todten, welche ihre Verehrung theils in Heroentempelchen, theils am Grabe selbst empfing. Das unterscheidende Merkmal bildet der Tod oder der Aufenthalt in der Unterwelt und anderen Ländern der Todten, wie es die bekannten Verse Hesiod's (Opera et Dies 161—173) mit der treffendsten Deutlichkeit schildern. Der alte Dichter bietet uns noch eine andere Definition der Heroen, in den Versen, deren Aechtheit durch philologischen Unverstand mit dem grössten Unrecht beanstandet worden ist:

ἀνδρῶν ἡρώων θεῖον γένος, οἳ καλέονται
ἡμίθεοι προτερῃ γενεῇ κατ' ἀπείρονα γαῖαν.

Diese Verse sind aus dem dualistischen Geiste der griechischen Religion heraus geschrieben, welcher dem Beobachter in unzähligen Zügen entgegentritt. Betrachten wir, um den Dichter zu rechtfertigen, einen der alterthümlichsten und berühmtesten Kulte, den von Amyklai. Beansprucht doch Hyakinthos, der ἥρως des Apollon von Amyklai, in doppelter Weise unser Interesse, durch seinen Grabkult und dadurch, dass er Liebling des Apollon wie Kinyras ist. Wie Pindar uns Kinyras als zarten Jüngling schildert, war Gleiches in der Poesie und Kunst der späteren Griechen bei Hyakinthos üblich. Wie Pausanias (III, 19, 4) richtig bemerkt, spielte der erotische Gedanke hierbei mit. In älterer Zeit, wie z. B. auf dem Relief des Grabaltares, war er noch als bärtiger Mann gebildet (Paus. ebendas.), offenbar stand Apollon damals noch nicht in dem Verhältniss des Liebhabers. Apollon selbst wurde ja in der archaischen Kunst zwar als jüngerer, immerhin als Mann bärtig dargestellt.

Welche ursprüngliche Beziehung zwischen beiden obwaltete, tritt deutlich bei dem Filialkulte lakonischer Ansiedler in Tarent hervor. Auch hier gab es ein heiliges Grab, und

1) Clem. Rom. Recogn. I. 24.

man schwankte bezeichnender Weise noch zur Zeit des Polybios, ob dasselbe den Hyakinthos oder den Apollon selbst barg (Polyb. VIII, 30: τοῦ τάφου τοῦ μὲν παρά τισιν Ὑακίνθου προσαγορευομένου παρὰ δέ τισιν Ἀπόλλωνος Ὑακινθίου). Hyakinthos war offenbar nur eine Form des Apollon selbst, Apollon als ἥρως, seine chthonische Hälfte, geradezu ein ἡμίθεος, wie Hesiod sich passend ausdrückt. Diesem Verhältniss entsprach die Anlage des berühmten amykläischen ἕδος auf das Genaueste. Nach der Beschreibung des Pausanias stand das Bild des Gottes zunächst auf einem Thron, diesem diente als Basis eine Art Altar, zugleich aber auch als Grab des Hyakinthos. Zum Hakinthienfeste pflegte man an dem Grabe eine eherne Thür zu öffnen und Spenden für den Heros in die unterirdische Tiefe hinabzusenden, ehe man zum zweiten Theile, zu den Opfern des Apollon, schritt. Wir sehen also hier eine klare Zweitheilung. Unten weilte der chthonische Halbapollon, über ihm erhob sich der himmlische. Beiden wurden nach getrenntem Ritus, wie Pausanias mit dem passenden Ausdrucke sagt, ἐναγίσματα und θυσίαι dargebracht. Aehnlich zerfiel auch das Hyakinthienfest in ein Trauer- und ein Freudenfest. Endlich fand der dualistische Gedanke seinen Ausdruck in einer von Bathykles am Altare dargestellten Kultsage. «Es befinden sich auch am Throne dargestellt, sagt Pausanias (III, 19, 4) «Demeter, Kore und Pluton, dazu die Moiren und Horen, mit ihnen Aphrodite, Athena und Artemis. Sie bringen den Hyakinthos und Polyboia, die Schwester des Hyakinthos, in den Himmel». Wie man aus der parallelen Anwesenheit der drei unterweltlichen und der drei himmlischen Gottheiten sieht, waren Unterwelt und Himmel als Schauplätze dargestellt, und das Geschwisterpaar ward von den Musen und Horen aus einem Lokal in das andere geleitet. Beide sind also als unterweltlich-himmlische Doppelwesen gedacht. Ist Hyakinthos offenbar nur ein anderer Name für den chthonisch-himmlischen Doppelapollon, so ist es nur eine einfache Consequenz, wenn man den Apollon in Amyklai auch vierhändig und vierohrig darstellte (Hesych. s. v. Κουρίδιος; Sosibios bei Zenob. I, 54; Liban. I, p. 340 Reiske).

Der paphische Kinyras stand zu Apollon offenbar in keinem anderen Verhältniss, als Hyakinthos zum amykläischen Gotte. Er war der chthonische Halbgott oder ἥρως des Apollon. Die Analogie zum amykläischen Kulte geht aber wahrscheinlich noch weiter. Ed. Gerhard warf einst in der Griech. Myth. I, 337 die anregende Frage auf, ob die mythische Verbindung von Apollon und Artemis, wie sie einige berühmte Kulte und die hellenischen Dichter kennen, ursprünglich allgemeiner Glaube gewesen sei. «Das Faktum genügt», antwortete er, «dass zahlreiche ältere Artemisdienste stets ohne Apollon und umgekehrt, dass alterthümliche Apollondienste, wie der zu Amyklai, nicht minder entschieden ohne Artemis bestanden». Doch hatte Hyakinthos eine weibliche πάρεδρος, eine Kultgenossin, welche Polyboia hiess. Sie sei, sagt Pausanias, die Schwester des Hyakinthos und noch als Jungfrau gestorben. Hesychios bietet dagegen die Glosse: Πολύβοια· θεός τις ὑπ' ἐνίων μὲν Ἄρτεμις, ὑπὸ δὲ ἄλλων Κόρη. Aus dem Zweifel erhellt, dass man offenbar nicht mehr wusste, welcher allgemeiner bekannten Göttin sie entsprach. Mit Artemis lag der Vergleich nahe, als einer Schwester des Hyakinthos-Apollon, mit Kore mochte sie verglichen werden, weil sie ebenso

wie diese Beziehungen zur Unter- und Oberwelt hatte. Nun muss angenommen werden, dass sie, wie ihr Gefährte, im Tempel von Amyklai ein Grab besass. Betonte nämlich die Kultlegende ihren Tod als Jungfrau (ἀποθανοῦσαν ἔτι παρθένον), so kann das, wie folgende Parallelen beweisen, kein bedeutungsloser Zug gewesen sein. Er kehrt wieder bei der Elektryona auf Rhodos (Diod. V, 56: θυγατέρα δὲ μίαν Ἠλεκτρυώνην, ἣν ἔτι παρθένον οὖσαν μεταλλάξαι τὸν βίον καὶ τιμῶν τυχεῖν παρὰ Ῥοδίοις ἡρωικῶν; vgl. Schol. Pind. Ol. 7, 24) und bei der Iphinoe in Megara (Paus. I, 43, 4: ἀποθανεῖν δὲ αὐτήν φασιν ἔτι παρθένον. καθέστηκε δὲ ταῖς κόραις χοὰς πρὸς τὸ τῆς Ἰφινόης μνῆμα προσφέρειν πρὸ γάμου καὶ ἀπάρχεσθαι τῶν τριχῶν). Die Jungfrauen von Megara spendeten ihrem Grabe und weihten ihr vor der Hochzeit von ihren Haaren. Hieran schliesst sich zwanglos die Erzählung bei Herodot IV, 34: «Nachdem die Jungfrauen Upis und Hekaerge gestorben waren, pflegen die Mädchen und Jünglinge von Delos seitdem sich ihnen zu Ehren das Haar zu scheeren. Die Mädchen schneiden sich vor der Hochzeit Locken ab, wickeln das Haar um eine Spindel und legen es auf das Grabmal nieder». Offenbar gab es einen ähnlichen Hochzeitsbrauch der amykläischen Jungfrauen am Grabe der Polyboia, weshalb man in ätiologischer Weise den Tod derselben als Jungfrau, also vor der Hochzeit, betonte. Wir glauben deshalb die Beschreibung des amykläischen Heiligthums durch ein heiliges Grab der Polyboia ergänzen zu dürfen. Wie andererseits Apollon die Ergänzung des Hyakinthos bildete, so verlangt auch Polyboia ihre Ergänzung durch eine olympische Göttin. Was liegt näher, als den vergessenen Namen in Aphrodite wiederzufinden, die schon in der Odyssee (υ 74) die Aufgabe hat, jungen Mädchen zur Hochzeit zu verhelfen, der als Ἀφροδίτη Ἥρα in der Nachbarstadt Sparta die Brautmütter vor der Hochzeit (Paus. III, 13, 9), in Hermione die Bräute selbst (Paus. II, 34, 12), in Naupaktos Wittwen, die wieder heirathen wollten (Paus. IX, 38, 12) Opfer zu bringen pflegten. Dazu kommt, dass Nonnus Dionys. XLIII, 6 (χάλκεον ἔγχος ἄειρεν Ἀμυκλαίης Ἀφροδίτης) eine bewaffnete amykläische Aphrodite namhaft macht. Da es einen eigenen Aphroditetempel in Amyklai nicht gab, so ist diese bewaffnete Aphrodite vermuthlich eine πάρεδρος des gleichfalls in Waffen gebildeten Apollon gewesen. Pausanias schweigt allerdings von einem derartigen Bilde, erwähnt indessen eine Ἀφροδίτη παρ' Ἀμυκλαίῳ, ein Werk des Polykletos, welches, wie der Name sagt, neben Apollon aufgestellt war. Wenn in Amyklai eine Kultgenossenschaft des Apollon und der Aphrodite bestand, so gewinnt das Tempelgrab der paphischen Aphrodite eine angemessene Beleuchtung. Die todte, unterweltliche Aphrodite entsprach der Polyboia, wie Kinyras dem Hyakinthos. Die Identität der chthonischen und der himmlischen Göttin ist in Paphos unvergessen festgehalten worden, wie andererseits in Tarent die Identität des Apollon mit dem im Grabe weilenden Gotte.

Die Berechtigung, die Kulte von Paphos und Amyklai mit einander zu vergleichen und sie auf einen und denselben Typus zurückzuführen, beruht auf einem der merkwürdigsten Ergebnisse der auf der Insel stattgehabten Ausgrabungen. Hamilton Lang glückte es, eine Anzahl inschriftlicher Denkmäler zu entdecken, welche die einstige Verehrung des Apollon von Amyklai selbst in einer der kyprischen Schwesterstädte von Paphos, in Idalion,

feststellten. Erstens war es eine griechische Inschrift im Vulgäralphabet mit einer Widmung an den Ἀπόλλων ὁ Ἀμυκλαῖος[1]). Ungleich interessanter war die bilingue Votivinschrift eines phönizischen Fάναξ Baalram, mit der gleichlautenden Widmung einer Statue τῷ Ἀπόλλωνι τῷ Ἀμυκλοῖ, wie es im griechischen mit kyprischen Zeichen geschriebenen Texte heisst, oder Reshep Mikal nach dem phönizischen Texte. Datirt ist der Akt nach den Regierungsjahren des Melekjaton, eines der phönizischen Könige von Kition, welche im IV Jahrhundert vorübergehend auch die Herrschaft über die griechische Nachbarstadt Idalion gewonnen hatten. Jener Baalram, wahrscheinlich Mitglied desselben Herrscherhauses, hatte einem althellenischen Gotte Verehrung bewiesen, wie sie entsprechend auch aus einer Anzahl rein phönizischer Inschriften hervorgeht, die mit jenen zusammen in der alten etwa 50 Fuss im Quadrat grossen und mit einer colossalen, wie mit zahlreichen anderen Statuen angefüllten Tempelzelle, aufgefunden wurden. Der Gott, dem diese Zelle offenbar geweiht war, heisst auf phönizisch gleichlautend Reshep Mikal, was, nach der Bilinguis zu urtheilen, eine Art Uebersetzung von Ἀπόλλων Ἀμυκλοῖ sein sollte. Reshep, auch in dem zusammengesetzten Gottesnamen Reshep-Chez vorkommend, war der Ausdruck für Ἀπόλλων, hervorgerufen vielleicht durch die Aehnlichkeit der beiderseitigen bildlichen Darstellungen[2]). Mikal war ein Gott, welcher in Kition verehrt wurde. Sein Dienst war ausserdem nach der merkwürdigen Nachricht eines christlichen Kirchenhistorikers von einer Königin Kleopatra in Alexandrien eingeführt worden, und bestand, bis der kluge Patriarch Alexander den heidnischen Mikal in den heiligen Erzengel Michael verwandelte. Der ehrwürdige Prälat bediente sich behufs der Angleichung einer Lautähnlichkeit, in derselben Weise wie Baalram und die Kitier den griechischen Beinamen Ἀμυκλοῖ oder Ἀμυκλαῖος durch ihren ähnlich klingenden Gottesnamen Mikal ersetzten[3]). Der Amykläer kann aber kein anderer sein, als der berühmte Gott von Amyklai selbst. Unwiderleglich folgt das aus dem Lokativ Ἀμυκλοῖ, wie Ahrens mit allem Rechte die kyprischen Zeichen a. mu. ko. lo. i las, während Deecke schwer begreiflicher Weise an Ἀμύκλωι, dem Dativ eines ebenso unbelegbaren wie in sich unmöglichen Ἄμυκλος statt Ἀμυκλαῖος, festgehalten hat. Die Aechtheit der Lokativbezeichnung erhellt noch aus Aristoph. Lysistr. 1299, wo der Spartaner seinen einheimischen Gott τὸν Ἀμύκλαις σιόν nennt[4]). Sonst findet sich bei Schriftstellern gewöhnlich ὁ Ἀμυκλαῖος, wie z. B. bei Pau-

1) R. H. Lang: Narrative of excavations in a temple of Dali (Idalium) in Cyprus with observations on the various antiquities found therein, by R. S. Poole, in den Transactions of the Royal Society of literature, Sec. ser., Vol. XI, pt. I, S. 33. 37. Colonna Ceccaldi Nouv. inscriptions grecques de Chypre in der Rev. archéol. 1874, p. 90.

2) Die Bilinguis von Idalion Deecke-Collitz № 59. Ahrens: Philologus Bd. XXXV, № 2. Corp. Inscr. Sem. I, 89 (Idal. 1). Die phönizischen Votivinschriften an den Gott רשף מכל C. I. S. I, № 90, 91, 93, 94 (Idal. 2, 3, 5, 6). Ueber das Heiligthum von Idalium vgl. Lang a. o. O., p. 32 ff., Mordtmann «Ueber den semitischen Apollon» Z. D. M. G. 32 (1878), p. 332 ff. Vogüé: Mélanges d'archéol. orientale p. 10 ff.

3) Tempel des Mikal in Kition C. I. S. I, 86 A, Zeil. 13. Ueber den von der Königin Kleopatra gestifteten Dienst des Michaïl (Mikal), welchen der Patriarch Alexander um die Zeit des ersten Concils von Nicäa in eine Kirche des Erzengels Michaïl verwandelte, vergleiche man die Annalen des Eutychios, in der Ausgabe von Jo. Selden, Oxford 1658, I, p. 435.

4) W. Deecke und J. Siegismund: Die wichtigsten Kyprischen Inschr. in Curtius, Studien VII, S. 238: «Die

sanias III, 18, 8. 9, ebend. 19, 6 und 10, 8. Die Hellenen des kyprischen Idalion zählten somit den «Apollon in Amyklai» zu den Göttern ihrer Stadt, eine Thatsache, die in ihrer Bedeutung für die geschichtliche Erkenntniss des alten Kypros noch nicht in vollem Umfange gewürdigt worden ist. Obgleich sich der Verfasser dieses Aufsatzes bereits an einem anderen Orte eine Reihe darauf bezüglicher Folgerungen gestattet hat[1]), so möge doch hier noch Folgendes wiederholt bemerkt werden.

So gewiss es ächtgriechische Sitte war, die heimathlichen Kulte aus der Mutterstadt in die neugegründeten Colonieen mitzunehmen, ebenso sicher folgt aus der Verehrung des Apollon von Amyklai in Idalion, dass ein Theil der kyprischen Hellenen aus Lakonien herstammte. Die zahlreichen auf allen Punkten der Insel gefundenen Inschriften beweisen, dass die kyprischen Hellenen überhaupt einen einheitlichen Dialekt sprachen. Unmöglich können sie aus so vielen und so verschiedenen ἔθνεα hervorgegangen sein, wie etwa Herodot (VII, 90) behauptet, indem er als Bestandtheile der kyprischen Bevölkerung aufzählt: Salaminier, Athener, Arkadier, Kythnier, Phönizier und Aithiopen, während bei anderen Autoren noch eine Reihe anderer Stammesbestandtheile hinzukommen. Diese bunte Ethnographie, welche der des ionischen Coloniallandes (Herod. I, 146) ähnelt, ist an sich unglaublich und, wie wir weiter unten im Einzelnen nachweisen werden, aus der schlechten mythisch-historischen Ueberlieferung hervorgegangen. Einen scheinbar unabänderlichen Schluss gab die Entdekkung an die Hand, dass der kyprische Dialekt in den characteristischen Eigenthümlichkeiten mit dem arkadischen übereinstimmte. Die Kyprier, schloss man, seien Arkader gewesen. Da nun thatsächlich Arkader auf Kypros bei Herodot (VII, 90) genannt werden, Strabo (XIV, p. 683) und Pausanias (VIII, 5, 2) genauer Neu-Paphos als Gründung des von Troia heimkehrenden arkadischen Königs Agapenor bezeichnen, so scheint die historische Gewähr dieser Nachrichten völlig gesichert. Allein die Niederlassung des irrefahrenden Agapenor stammt aus der gleichen ihrer Entstehung nach schlechten Ueberlieferung, wie die heute als unhistorisch anerkannte κτίσις von Salamis durch den Salaminier Teukros[2]). Ausserdem darf sie streng genommen nur auf Neu-Paphos bezogen werden, da die übrigen Theile der Insel anderen Gründern anheimgegeben wurden. Endlich scheint die Genesis der Sage bei Pausanias noch klar an den Tag zu treten. Agapenor kommt in der Ilias gar nicht vor, wird aber dennoch im Schiffskatalog (B 609) als Führer von 60 Schiffen aufgeführt. Mit Recht hat B. Niese geschlossen, dass ein jüngeres Epos ihn als von Troia heimkehrenden Helden besungen haben müsse, welches dann zugleich auch Quelle des Schiffskatalogs war[3]).

Form Ἀμύκλῳ statt Ἀμυκλαίῳ scheint eine ältere zu sein, vielleicht hat die Stadt Ἀμύκλαι ihren Namen erst von einem Ἀπόλλων Ἄμυκλος erhalten (!), wie Ἀθῆναι von der Παλλὰς Ἀθήνη». Dagegen Ahrens: Philologus XXXV, S. 79. 80. An der Umschreibung Ἀμύκλῳ für die Zeichen a. mu. ko. lo. i hat (Deecke-Collitz I, № 59) trotzdem festgehalten.

1) Proceedings of the Society of biblical archaeology 1882—1883, S. 115 ff., vgl. Deutsche Literaturzeitung 1886, S. 410.

2) Niebuhr: Vorträge über alte Länder- und Völkerkunde, S. 673.

3) B. Niese: Der homerische Schiffskatalog als historische Quelle, S. 26.

Die Nostengesänge haben, unterstützt und fortgesetzt durch die Logographen und die übrige Schaar pragmatisirender Mythographen und Erforscher der ältesten Pseudogeschichte, aus den Heimfahrten der Helden von Troia ein ausgedehntes Netz von angeblichen Niederlassungen gesponnen. Warum hätte man sich den heimkehrenden Arkaderkönig entgehen lassen sollen? Es fand sich ein Anlass, ihn nach Paphos zu bringen, und zwar war dieses die Existenz einer Ἀφροδίτη Παφία in Tegea, wo Agapenor der Sage nach regiert hatte. Die Heroengeschichte bei Pausanias (VIII, 53, 7. 5, 3) erzählt, das Heiligthum der Ἀφροδίτη Παφία in Tegea sei von einer Laodike gestiftet worden. Ohne Zweifel war die Sage entstanden, weil eine Person dieses Namens neben jener Aphrodite heroische Ehren genoss. Auch bei den Colonisten von Kyrene kommt derselbe Name in näherer Beziehung zu Aphrodite vor. Aus der wunderlichen Erzählung Herodot's (II, 181) geht hervor, dass sich in einem Aphroditetempel ausserhalb der Mauern Kyrene's eine Statue (ἄγαλμα) der Laodike (Λαοδίκη) befand. Hieran knüpfte sich eine Legende, deren historische Glaubwürdigkeit neuerdings von der Aegyptologie wohl mit Recht angefochten ist[1]). Mag nun aber auch das Faktum, dass eine Kyrenäerin Λαοδίκη mit dem König Amasis verheirathet war, bestehen bleiben, so dürfte die Beziehung der Bildsäule gerade auf diese eine der gewöhnlichen Verwechselungen einer mythischen mit einer gleichnamigen historischen Person sein. Jene Genossin der Aphrodite von Tegea war in der heroischen Genealogie mit Agapenor verbunden, sie sollte dessen Tochter gewesen sein. War sie aber Stifterin des Tempels, so galt es, zu erklären, warum derselbe gerade einer Παφία, einer paphischen Aphrodite geweiht war. Die natürlichste Erklärung blieb die, dass die Stifterin selbst in Paphos gewohnt hätte. Deshalb bemüht sich Pausanias, es nachdrücklich zu versichern (VIII, 53, 7) ἱδρύσατο αὐτὴν Λαοδίκη — οἰκοῦσα δὲ ἐν Πάφῳ). Den Aufenthalt in Paphos sucht er sogar urkundlich zu belegen. Er führt (VIII, 5, 3) die Inschrift eines Peplos an, worin Laodike selbst Kypros als ihren Wohnort bezeichnet haben sollte:

Λαοδίκης ὅδε πέπλος· ἑᾷ δ' ἀνέθηκεν Ἀθηνᾷ
πατρίδ' ἐς εὐρύχορον Κύπρου ἀπὸ ζαθέας.

Die Frage, wie die Laodike nach Paphos gelangt war, erledigte sich leicht. Auf der Heimfahrt von Troia war ihr Vater Agapenor in Paphos sitzen geblieben. Der Erfinder dieser ganzen Geschichte nahm keine Rücksicht auf Kinyras, obgleich die paphische Stammsage

1) A. Wiedemann: Aegyptische Geschichte II, S. 648. «Auch das Familienverhältniss des Amasis ward in den Bereich der Sage gezogen, er soll eine Kyrenäerin, Namens Ladike, zur Frau gehabt haben. Schon der Umstand, dass bereits Herodot nicht mehr den Namen ihres Vaters wusste, sondern dieselbe für eine Tochter des Battos, des Arkesilaos oder eines angesehenen Bürgers Kritobulos erklärt, zeigt, wie wenig gut beglaubigt die ganze Erzählung war. Sie wird nicht wahrscheinlicher durch die Anekdote, welche Herodot an die Thatsache knüpft und die Behauptung, Kambyses habe die Frau nach der Eroberung Aegyptens unversehrt nach Hause entlassen, d. h. er habe gerade zu der Zeit, als er einen Krieg gegen die Stadt plante, eine so werthvolle Geisel aus der Hand gegeben». — Λαοδίκη heisst auch eine der in Delos verehrten Jungfrauen, die Gefährtin der Ὑπερόχη, mit einem heiligen Grabe (Herod. IV, 33—35).

diesen und nicht den Agapenor als Oikisten angab. Offenbar verdanken wir sie einem der epischen oder logographischen Vorgänger Herodot's, die überhaupt eine Masse unächter gelehrter Geschichten in die wirklichen örtlichen Stamm- und Kultsagen hineingezwängt haben. Sie verfuhren dabei nach dem Princip, welches Hekataios an die Spitze seiner Geschichte gesetzt hatte: τάδε γράφω, ὡς μοι ἀληθέα δοκέει εἶναι· οἱ γὰρ Ἑλλήνων λόγοι πολλοί τε καὶ γελοῖοι, indem sie den Anspruch erhoben, die alten Ueberlieferungen des Volkes und seiner Dichter zu berichtigen oder zu ergänzen. Die Agapenorgeschichte hat denn auch in Paphos nie Wurzel gefasst. Könige und Priester fuhren fort, Kinyras als Ahnherrn, Stadt- und Tempelgründer anzusehen. Die κτίσις des Agapenor sollte sich freilich nur auf Neu-Paphos an der Meeresküste beziehen (Strab. XIV, p. 683; Paus. VIII, 5, 2), und die Modernen trennen daraufhin gewöhnlich das «phönizische» Alt-Paphos des Kinyras von jenem «arkadischen». Das scheint uns ein unmöglicher Ausgleich. Beide Städte haben immer nur eine politische Gemeinde gebildet. Der Sachverhalt ist wohl der, wie ihn Thukydides bereits als Princip altgriechischer Städteanlage vorausgesetzt hat. Zuerst wurde der grösseren Sicherheit wegen landeinwärts, 60 Stadien von der Küste, die Altstadt gebaut. Später zweigte sich von ihr ein Hafenort ab, als das Bedürfniss und die Sicherheit der Seeverbindung genügend war[1]).

Die arkadische Colonie halten wir also für eine Erfindung, ihre scheinbare Bestätigung durch den Dialekt der Kyprier für das zufällige Zusammentreffen einer anderweitig nachweislichen Thatsache mit einer in ihrer Entstehung haltlosen Ueberlieferung. Die Ἀφροδίτη Παφία in Tegea hängt anders zusammen mit Paphos, wie wir weiterhin sehen werden. Jene Tradition begegnet ausserdem noch einem Bedenken. Es ist an sich wenig glaublich, dass die Ackerbau und Viehzucht treibende Bevölkerung einer Binnenlandschaft wie Arkadien je an grossen überseeischen Unternehmungen regen Antheil genommen hätte. Deshalb fühlte sich bereits der Dichter des Schiffskatalogs genöthigt, Agapenor und die Arkader sich Schiffe von Agamemnon leihen zu lassen. Arkadische Colonieen werden zwar auch sonst von den alten Historikern genannt, bei keiner aber lässt sich der Verdacht gelehrter Erfindung zurückhalten[2]).

---

1) Servius zu Aen. X, 51. Est Amathus, est celsa mihi Paphus] Antiqua Paphus, quae Palaepaphus dicitur, in excelso fuit posita, ex quo loco aedificia permittente pace in litus deducta sunt.

2) Arkadische Colonisten finden sich am frühesten erwähnt bei Herodot I, 146 in der bunten Völkertafel von Ionien. Näheres wissen wir über diese Ἀρκάδες Πελασγοί nichts; die Gesellschaft der Minyer, Kadmeier, Kaukonen und anderer mythischer Völker ist für die historische Glaubwürdigkeit nicht sehr vertrauenerweckend. Herodot schaltete, wie alle griechischen Forscher, in der ältesten Geschichte sehr frei mit ethnographischen Bezeichnungen. Jene Geschichte war grösstentheils auf genealogischer Grundlage erwachsen, reichte also allenthalben in das mythische Völkergewirr zurück, welches aus Mangel an Kritik nach dem historischen Hellas übertragen war. Wenn Thales z. B. ein Phönizier genannt wird, so war das nur aus der Geschichte seines mythischen Ahnherren Kadmos deducirt. In Milet herrschten Lykier, die Nachkommen des Glaukos, Kaukonen als solche des Nestor (Herod. I, 147) u. s. w. Arkadischen Ursprunges soll ferner Pergamon gewesen sein (Paus. I, 4, 6). Diese Erfindung knüpft an den pragmatisirten Telephosmythos und dürfte nicht älter sein als das Aufblühen des jungen pergamenischen Reiches. Sonderbar ist die Nachricht des Pausanias (VIII, 27, 6) über Trapezus, der historischen

Man kann also, wie neuerdings auch Busolt (Griech. Gesch. I, 296) mit Recht gethan hat, nicht mehr als eine nähere Stammverwandtschaft der Kyprier mit den Arkadern annehmen, keine direkte Abstammung ersterer von den letzteren. Busolt behauptet eine Einwanderung von der Ost- und Nordküste des Peloponnesos, ohne jedoch nähere Gründe dafür anzuführen. Zieht man die auf Kypros fortgesetzte Verehrung des Apollon von Amyklai in Betracht, so können die Anbeter dieses alten lakonischen Lokalgottes vorzugsweise nur aus dem südlichen Theile des Peloponnesos hergekommen sein. Gerade Amyklai findet sich eng verknüpft mit den Erinnerungen an die dorische Invasion und an die durch dieselbe hervorgerufenen Wanderzüge. Ein Theil dieser Auswanderer muss nach Kypros gedrungen sein, vielleicht über Kreta, welches Spuren amykläischer Niederlassung aufweist, und Rhodos, wo man das Hyakinthienfest zu feiern pflegte. Definirt man die Herkunft der Kyprier in dieser Weise, wie wir es bereits an einem anderen Orte gethan haben, so erwächst daraus die Einsicht in ein wichtiges Capitel altgriechischer Stammesgeschichte. Die vordorischen Bewohner von Lakonien schliessen sich in ethnographischer Beziehung an die Arkader an, wie etwa, nach den ältesten eleischen Inschriften zu urtheilen, auch die voräolischen Bewohner der Pisatis[1]). Ohne Zweifel waren die Arkader nur der in das Innere der Halbinsel zurückgedrängte Rest der alten Bevölkerung des Peloponnesos, welche einst nicht blos nach Süden und Westen, sondern wahrscheinlich auch nach Norden und Osten bis zum Meere hin wohnte. Weitere Reste dieses Stammes müssen die Periöken und Heloten der Spartaner gewesen sein, und auch in den übrigen Staaten der Halbinsel mögen sie noch lange die Hauptmasse der Bevölkerung ausgemacht haben, bis sie allmählich in das Volksthum ihrer eingewanderten Herren aufgingen. Die aus historisirten Epen zurechtgemachte Geschichte übertrug auf sie den Namen des Heroenvolkes der Achaier, während möglicherweise der in grössere und kleinere Cantone, gleich den späteren Arkadern, gegliederte Stamm noch keinen Gesammtnamen geführt hat. In den Küstenlandschaften hatten diese Altpeloponnesier früh einen höheren Grad der äusseren Kultur erlangt. Die merkwürdigen Ausgrabungen Schliemann's in Mykene und Tiryns haben die lebendigsten Zeugnisse dafür zu Tage gefördert. Der in Lakonien unter der Periökenbevölkerung blühende Kunstfleiss war gewiss noch ein Rest jener alten peloponnesischen Kunstindustrie. Endlich fällt auch auf die Entstehung der ältesten griechischen Dichtung ein gewisses Streiflicht, wenn wir in der geschäftlichen Prosa kyprischer Urkunden eine Reihe alterthümlicher Worte in lebendigem Gebrauche vorfinden, die

---

Colonie von Sinope. Die arkadischen Trapezuntier sollen bei der Gründung von Megalopolis aus dem Lande gewichen sein und die Bewohner des pontischen Trapezus sie aufgenommen haben μητροπολίτας τ' ὄντας καὶ ὁμωνύμους. Es muss angenommen werden, dass die Homonymie beider Orte selbst im Volksbewusstsein die Idee alten colonialen Zusammenhanges erzeugt hatte. Hadrian errichtete dem Antinoos, als Bithynier, einen Tempel in Mantineia, weil die Bithynier Colonisten von Mantineia seien (Paus. VIII, 9, 7). Worauf sich diese kaiserliche Gelehrsamkeit gründete, wissen wir nicht, wenn nicht etwa auf das Vorkommen des Ortsnamens Μαντίνιον in Bithynien. Jedenfalls wird sie ebensowenig einen Vertheidiger finden, wie die von Eustathios (zu Dionys. Per. v. 857) behauptete Abstammung der Lykaonier von dem Arkader Lykaon.

1) F. Blass: Sammlung der griechischen Dialektinschriften, herausgegeben von H. Collitz Heft III, S. 313.

uns sonst nur noch aus der epischen Sprache bekannt sind[1]). Neigt die neuere Forschung immer mehr zur Ansicht, dass die homerischen Gedichte bloss die aufgezeichneten Endprodukte einer weit älteren Kunstübung sind, so lässt sich nicht bezweifeln, dass die ältesten Lieder von Achilleus, der Helena u. s. w. in derselben Landschaft entstanden sind, von wo auch die Auswanderung der Kyprier ausging. Dort in Lakonien ist die Verehrung jener Heroengötter zu Hause, von da wanderte der Achilleuskult nach dem ionischen Erythrai[2]), vielleicht auch nach anderen Orten Kleinasiens, und mit ihm die zu seinem Preise gesungenen Lieder. Nur so können die merkwürdigen Beziehungen zwischen dem kyprischen Dialekte und der altepischen Kunstsprache richtig verstanden werden. Kyprische Institutionen, wie das Königthum, die Anaktenhöfe, die Gewohnheit der Wagenkämpfe, reichen ebenso in jenes von den epischen Dichtern entweder noch miterlebte oder vorausgesetzte Zeitalter zurück, welches die Scenerie zu den Heroengedichten geliefert hat.

Die lakonische Abstammung der Kyprier, die wir aus den angeführten Thatsachen ableiteten, scheint auch in der Tradition eine Bestätigung zu finden. Der Alexandriner Lykophron verzeichnete folgende kyprische κτίσις (v. 586—590):

> Κηφεὺς δὲ καὶ Πράξανδρος, οὐ ναυκληρίας
> λαῶν ἄνακτες, ἀλλ' ἀνώνυμοι σποραί,
> πέμπτοι τέταρτοι γαῖαν ἵξονται θεᾶς
> Γόλγων ἀνάσσης, ὧν ὁ μὲν Λάκων' ὄχλον
> ἄγων Θεράπνης.

Hierzu bemerkt das alte Scholion: ὁ Κηφεὺς ἐξ Ἀχαίας, ὁ δὲ Πράξανδρος ἐκ Λακεδαίμονος παρεγένοντο εἰς Κύπρον und Strabon (XIV, p. 682) nennt Lapathos Λακώνων κτίσμα καὶ Πραξάνδρου. Das kyprische Lapathos galt also als die Gründung eines Lakoniers aus Therapne, bekanntlich einer Nachbarstadt von Amyklai. Was es im übrigen mit diesem Praxandros auf sich hat, ist nicht mehr zu entscheiden. Vielleicht war es der Stadtheros von Lapathos mit einem lokalen Kulte. Vertrauen erweckt der Umstand, dass der gelehrte mythenkundige Lykophron ihn als ἀνώνυμος σπορά bezeichnet. Wenigstens beweist es, dass Praxandros und seine Gründung nicht, wie die meisten Gründungsgeschichten von Kypros, aus den Nostensagen fabricirt ist[3]).

Die Auswanderer nach Kypros werden griechischem Colonistenbrauche gemäss ihre heimischen Kulte mit sich gebracht haben. Zweifellos fest steht es von dem amykläischen Apollon, welcher sicher schon in vordorischer Zeit einer der angesehensten Landesgötter Lakoniens gewesen war. Neben Apollon genoss keine Gottheit in jener Landschaft eine bedeutendere Verehrung als Aphrodite. Da nun leicht wahrzunehmen ist, dass gerade diese beiden

1) Die Berührungen des Kyprischen mit der homerischen Sprache finden sich zusammengestellt bei A. Fick Die homerische Odyssee in ihrer ursprünglichen Sprachform wiederhergestellt. Goett. 1883, S. 324.

2) Einen Kult des Achilleus und der Thetis bezeugt die Inschrift von Erythrai, jetzt abgedruckt bei Dittenberger: Syll. Inscr. Gr. № 370, Zeile 51.

3) Nach Johannes Antioch. (fr. 20) soll übrigens Λάπαθος Vater des Λάκων gewesen sein.

Gottheiten auch bei den kyprischen Hellenen in besonderer Geltung standen, so kann das kein Zufall sein, sondern nur eine Bestätigung unserer These. Wenn wir also behaupten, dass auch der berühmte Aphroditekult von Paphos eine lakonische Pflanzung gewesen sei, so treten wir freilich in direkten Gegensatz zur hergebrachten Meinung. Dieser zufolge soll die Aphroditeverehrung von Hellas vielmehr ihren Ausgang aus Paphos genommen haben. Im Gegensatz hierzu haben wir uns bisher zu zeigen bemüht, dass jene Meinung auf zwei irrthümlichen Vorurtheilen beruht: erstens auf dem Antriebe, alles, was mit der Aphrodite zusammenhängt, für phönizisch zu erklären, zweitens auf einer zwar sehr alten, nichtsdestoweniger aber irrthümlichen Auslegung des Namens Κύπρις. Paphos hat mit den Phöniziern nichts zu thun, die Anlage seiner Kultstätte zeigt vielmehr unverkennbare Analogieen zu dem Kulte von Amyklai. Den alten durch die Dichter geförderten Ruhm der Κύπρις durfte man, abgesehen von der Namenserklärung, nicht ohne weiteres auf Paphos übertragen. Es soll nicht geleugnet werden, dass der paphische Tempel ein altes Ansehen genoss, obgleich die Dichter — auf sie sind wir angewiesen — nicht als die besten Zeugen für ein solches historisches Faktum gelten können. Aus dem Ansehen eines Kultes zu schliessen, dass er der älteste seiner Art gewesen sei, ist zwar die Lieblingsneigung einer hervorragenden mythologischen Schule unserer Tage. Hierin kann man aber nicht behutsam genug sein, wenn man den Mangel historischer Zeugnisse nicht durch völlig subjective Schätzungen ersetzen will. Ausserdem führt dieses Bestreben mit Nothwendigkeit dazu, Anachronismen zu erzeugen. Ein solcher Anachronismus spielt auch hinsichtlich der paphischen Aphrodite mit. Es ist zwar bekannt, und man wird hoffentlich nicht verlangen, dass wir sämmtliche Zeugnisse dafür anführen, dass Paphos und sein Heiligthum in der hellenistisch-römischen Zeit Weltruhm genoss. Es genüge nur an die Pilgerfahrt des Titus zu erinnern, deren Erzählung bei Tacitus (Hist. II, 2) mit folgenden Worten anhebt: illum cupido incessit adeundi visendique templum Paphiae Veneris, inclutum per indigenas advenasque. Characteristisch für die Ptolemäerzeit ist der Umstand, dass die Römer dem letzten Ptolemäerkönige von Kypros das Oberpriesteramt von Paphos als standesgemässe Versorgung bieten konnten[1]). Inschriftlich bezeugt ist ein στρατηγὸς καὶ ναύαρχος καὶ ἀρχιερεὺς ὁ κατὰ τὴν νῆσον mit dem Titel eines «königlichen Verwandten» (C. I. G. 2622). Eine andere Inschrift (Waddington, 2786) erwähnt einen ἀρχιερεὺς τῆς Ἀφροδίτης τῆς Παφίας καὶ Κλεοπάτρης συγγενὴς βασιλέως. Der Kult der Königin von Aegypten war also mit dem der Aphrodite verschmolzen, der Oberpriester der Aphrodite, wie es scheint, auch der Leiter aller geistlichen Verhältnisse. Die Verbindung mit der obersten politischen und militärischen Würde könnte nur vorübergehend gewesen sein, da wir an einer ähnlichen Scheidung des weltlichen und geistlichen Regimentes festhalten müssen, wie sie in Aegypten bestand. Jedenfalls zeugen beide Inschriften für das hohe Ansehen der Göttin von Paphos, und diese Stadt müssen wir uns zugleich als geistliche und weltliche Hauptstadt des ptolemäischen

1) Plut. Cato min., c. 35: ἔπαθε τὸν Πτολεμαῖον ἄνευ | μενον· ἱερωσύνην γὰρ αὐτῷ τῆς ἐν Πάφῳ θεοῦ δώσειν τὸν μάχης εἴκειν, ὡς οὔτε χρημάτων οὔτε τιμῆς ἐνδεᾶ βιωσό- | δῆμον.

Kypros denken. Gehen wir noch weiter, in die Zeit der kyprischen Autonomie zurück, so finden wir in den wohl insgesammt aus dem V und IV Jahrhundert stammenden Inschriften epichorischer Schrift eine nicht geringe Menge von Weihinschriften an die Aphrodite von Paphos. Solche Votivsteine haben sich gefunden in Chytroi, Keryneia und beim heutigen Dorfe Athienu, im Gebiete des alten Idalion. Drei Inschriften von Alt-Paphos bezeugen, dass die Könige von Paphos zugleich Priester der Aphrodite waren. Auf diesen paphischen Inschriften heisst die Göttin schlechthin ἀ Fάνασσα, auf den anderweitig gefundenen einmal ἀ Παφία Ἀφροδίτα, gewöhnlich aber lautet hier die Weiheformel τᾶς θεῶ τᾶς Παφίας[1]). Man sieht hieraus, dass die Göttin von Paphos zwar auch an anderen Orten auf der Insel verehrt wurde, ausserhalb ihrer Heimath aber ausdrücklich die «paphische» genannt wurde. Man hatte ja auch einen zureichenden Grund dafür, da es auf der Insel noch eine Reihe anderer Lokaldienste der Aphrodite gab. Strabon (XIV p. 682) kannte im Gebiete von Karpasia einen Tempel der Ἀφροδίτη Ἀκραία. Ohne Zunamen nennt er eine Aphrodite am Vorgebirge Pedalion, eine dritte, mit der Isis vereinigte, in Soloi. Die Amathusier besassen einen Hain der Ἀφροδίτη Ἀριάδνη mit einem heiligen Grabe derselben (Paion bei Plut. Thes. 20). Auf einer von Cesnola gefundenen Inschrift erscheint eine Ἀφροδίτη Μυκηροδί(α) (Cesn. Cypern Gr. Inschr. 23). Hesych. hat uns als kyprische Zunamen der Göttin Ἔγχειος und Ἐλεήμων aufbewahrt. Nimmt man noch die Göttin von Amathus, Golgoi und Idalion hinzu, so darf man die Insel wohl ein Land nennen, wo die Aphrodite in mannigfacher und zahlreicher Gestaltung verehrt wurde. Dass alle diese Dienste jünger wären als der von Paphos, wäre eine durch nichts zu rechtfertigende Behauptung. Wären sie Filialen von Paphos gewesen, so hätte man sie auch danach benannt. So war der Aphroditekult von Paphos offenbar nichts weiter als einer der zahlreichen Lokal- oder Stadtkulte, welche der Göttin auf der Insel geweiht waren. Allmählich hatte er, vielleicht noch vom Mutterlande her mit besonderem Ansehen ausgestattet, die Grenzen der Stadtmauer überschritten und war von den Nachbarstädten neben deren eigenen Aphroditeverehrungen in Aufnahme gekommen. Im Kleinen wäre das ein ähnlicher Vorgang, wie mit dem eleusinischen Demeterdienste. Allmählich hat sich darauf aller Ruhm, welchen die nationale Dichtung der Göttin von Kypros gespendet hatte, auf das angesehene und reiche Heiligthum übertragen. Seine Glanzperiode hat Paphos erst in hellenistisch-römischer Zeit, offenbar nicht ohne Begünstigung der Ptolemäer, erreicht und damals vor allem galt es, dem berühmten hesiodischen Mythos gemäss, als Geburts- oder vielmehr als Landungsstätte der Liebesgöttin.

Wir liessen die Möglichkeit offen, dass die in Paphos verehrte Göttin bereits im Mutterlande besondere Geltung gehabt hätte. Der Frage näher treten könnte man nur, wenn

---

1) Chytroi Deecke-Collitz № 2—14; Keryneia 15, 16; Athienu: Altar mit Dedication 69; Palaipaphos: Grabinschrift in einer Grotte βασιλέος Ἐχετίμου τῶ ἰερέος τᾶς Fανάσσας (38), eine andere № 39: ΤιμοχάριFος βασιλέFος τᾶς Fανάσσας τῶ ἰjερέος; Weihinschrift № 40: ὁ Πάφω βασιλεὺς ΝικοκλέFης, ὁ ἰjερεὺς τᾶς Fανάσσας ὁ βασιλέος Τιμάρχω ἴνις κατέστασε τᾶι θεῶι.

sich der Mutterkultus in Lakonien ausfindig machen liesse. Hierzu bedürfte es aber der Kenntniss ihres eigentlichen Zunamens, den sie ohne Zweifel ebensogut geführt haben wird, wie fast jede in einem beliebigen Tempel der Hellenen verehrte Gottheit. Die vorhandenen Inschriften der Paphier nennen sie mit einer allgemeinen Bezeichnung ἀ Fάνασσα, die Nichtpaphier die «paphische Göttin» schlechtweg. Mehr als diese Lokalbezeichnung erfahren wir nicht. Ein später Autor, Tacitus, welcher sich freilich einer auf gute ältere Quellen zurückgehenden Periegese bedient hat, giebt uns erst die, wie es scheint, richtige Auskunft Er sagt (Hist. II, 3): Conditorem templi regem Aeriam vetus momoria, quidam ipsius deae nomen id perhibent. Die paphische Aphrodite hätte also Aeria d. h. Ἀερία gehiessen. Hieraus hatte ein Gelehrter einen fingirten König zurecht gemacht, der, nach der beliebten Umdrehung, der Göttin Kult und Namen verschafft haben sollte. Ἀερία wird auch als Name der Hera überliefert (Mart. Cap. II § 149), und die Etymologen des Alterthums bemühten sich, auf Grund dessen, Ἥρα von ἀήρ abzuleiten. Die Bewohner von Ἡραία in Arkadien heissen inschriftlich Ἡρ**F**αῶοι (C. I. G. 11 Röhl: Inscr. antiqu., 110), woraus Larfeld (De dial. Boeot. mut., S. 34) schloss, dass auch Ἥρα ursprünglicher Ἠρ**F**α gelautet habe. Ἥρ**F**α *haerva* dürfte aus Ἄσερ**F**α entstanden, die Wandlung *aherva* — *haerva* keine andere sein, als bei *ἴσερός, *ἰερός, ἱερός, ἱρός. Ἀερία als Name der Ἥρα repräsentirt Ἀσέρ**F**ια oder Ἀσ**F**έρια und ist nur eine Variante zu Ἥρα. Die Ἀφροδίτη Ἥρα, welche in Sparta ein altes Schnitzbild besass und der die Mütter vor der Hochzeit ihrer Töchter zu opfern pflegten (Paus. III, 13, 9), halten wir für identisch mit der Ἀφροδίτη Ἀερία von Paphos. Nach den oben angeführten Analogieen (S. 36) müsste bei jener Aphrodite ein heiliges Grab gewesen sein, wie die paphische ein solches besass. Ausserdem gab es auf der Akropolis von Sparta ein Heiligthum der Ἀφροδίτη Ἀρεία, wozu Paus. (III, 17, 5) hinzufügt: τὰ δὲ ξόανα ἀρχαῖα, εἴπερ τι ἄλλο ἐν Ἕλλησι. Es wäre möglich, dass Ἀρεία, welches doch schwerlich eine Zugehörigkeit zum Gotte Ares bedeuten konnte, aus Ἀαρεία contrahirt und eine ähnliche Nebenform zu den eben aufgeführten Namen darstellt, wie ἰαρός zu ἱερός.

Ἀερία hiess ferner auch Athene (Diod. I, 12), endlich bezeichnete es als «alter Name» verschiedene Länder, wie Aegypten (Char. bei Anon. de incred. 15; vgl. Aesch. Suppl. 71), Kreta (Plin. IV, 12, 20; Steph. s. v. Κρήτη), Libyen (a. O. s. v. Λιβύη), Thrakien (Ἀρία Steph. Byz. s. v. Θρᾴκη), Thasos (a. O. s. v. Θάσος) und Kypros (Hesych. s. v.). Die Ableitung von ἀήρ scheint hier wenig zu passen, vielmehr dürfte dieses Wort, das so viele verschiedene Länder bezeichnet, ein altes ausser Gebrauch gekommenes Appellativum sein, von der allgemeinen Bedeutung «Land» (γῆ). Wir möchten es zerlegen in *âs* «Hauch» «Geist» und Wzl. *ver var* «umfassen, umschliessen, bedecken, hüten, wahren», wovon ὄρομαι, ὁράω, οὖρος, vereor. Ἀσ-**F**έρ-ια wäre die Hüterin der Geister, Seelen, eine prägnante Bezeichnung der Erde, vielleicht auch des Mondes[1]). Aus der alten Grundbedeutung wäre auch ἀήρ (*ἀσ-**F**ερ-ς), nicht

1) Für die in Frage kommende Vorstellung vergleiche man Macrob. Somn. Scip. I, 11: atque ideo inter lunam terrasque locum mortis et inferorum vocari, ipsamque lunam vitae esse mortisque confinium, et animas inde in

minder sanskr. *asura* (*asvara*) «Geist, Gott, Herr» geflossen, endlich auch ἥρως=*ἀσ-Fερ-αFς «Ahnengeist» oder «Geisterahne» (vgl. *avus* goth. *avôn* Grossmutter, altn. *afi* Grossvater, *ôheim* ksl. *uj* (=*avya*) litth. *avynas* Oheim). Indem wir uns vorbehalten, an einem anderen Orte auf diesen Gegenstand näher einzugehen, begnügen wir uns hier mit der Bemerkung, dass auch *ishiras* (von *ish* Saft, Kraft, Frische, Muth und *var*?), gleich ἱερός, in naher Verwandtschaft steht und der Begriff «heilig» bei den Griechen ursprünglich wohl ganz wörtlich einen Gegenstand bezeichnete, in dem man sich einen Geist verborgen dachte, einem Vorstellungskreise entnommen, in welchem sich noch heute jedes Naturvolk befindet.

Die Aphrodite von Paphos, eine altpeloponnesische Göttin, würde also durch jenen althellenischen Namen als Hüterin oder Bewahrerin der Geister, der Seelen bezeichnet. Auf die nähere Beziehung dieses Namens werden wir weiter unten eingehen dürfen. Hier sei constatirt, dass auch in dem Kultnamen der paphischen Göttin kein Hinweis auf semitischen Ursprung liegt.

Diese Vermuthungen mögen die oben zwischen Paphos und Amyklai aufgestellten Analogieen unterstützen. Freilich droht uns hier die Gefahr, dass wir abermals die Phönizierhypothese heraufbeschwören. Ernste Forscher halten sich wenigstens noch heute davon überzeugt, dass Hyakinthos und sein Fest phönizischen Ursprunges sind. Duncker (Gesch. des Alterth. V, S. 48) sieht darin eine Spur des Molochdienstes und Holm (Griech. Gesch. I, 118) meint: «In Lakonien war der Dienst der Aphrodite und das Fest der Hyakinthien von grosser Bedeutung. Hyakinthos hat einige Aehnlichkeit mit Adonis; so können wir hierin phönizischen Einfluss erkennen.» Aehnlichkeiten sind aber ganz wo anders zu suchen, zunächst doch wohl bei Kulten von unzweifelhaft hellenischem Character. Ein solches Heiligthum wäre der Tempel des delphischen Apollon. Wir haben erkannt, dass die beiden später als Apollon und Hyakinthos bezeichneten Wesen ein Götterpaar bildeten, welches von Anfang an in enger Beziehung zu einander gedacht war. Das Bild des einen stand über der Opferstätte des anderen und diese war ein Grab. Wir behaupteten, dass es sich um die Verbindung eines «himmlischen» mit einem chthonischen, eines lebenskräftigen mit einem bei den Todten weilenden Gotte handelte, welchen letzteren man als ἥρως mit derjenigen Bezeichnung belegte, welche allen ausgezeichneten Todten zukam. Im delphischen Adyton nun, dem ältesten und ehrwürdigsten Theile des Heiligthums, befand sich ein Tholos, ein kuppelförmiger Aufbau, bekannt unter dem räthselhaften Namen γῆς ὀμφαλός. Eine Reihe glaubwürdiger Zeugen besagt, dass der Omphalos das Grab eines mythischen Wesens war. Wer der Begrabene war, wusste man freilich nicht mehr genau, wie aus der Verschiedenheit der Angaben hervorgeht. Bald wird Dionysos, bald das von Apollon getödtete Ungeheuer Python,

---

terram fluentes mori, inde ad supera meantes in vitam reverti, non immerito existimatum est ... denique illam aetheream terram physici vocaverunt et habitatores eius lunares populos nuncuparunt. Porphyr.: de antro nymph. 29: Δύο δὲ στόμια Πλάτων (Rep. X, 13, p. 614) φησί, δι' οὗ μὲν ἀναβαινόντων εἰς οὐρανόν, δι' οὗ δὲ κατιόντων εἰς γῆν καὶ τῶν θεολόγων πύλας ψυχῶν ἥλιον τιθέντων καὶ σελήνην· καὶ διὰ μὲν ἡλίου ἀνιέναι, διὰ δὲ σελήνης κατιέναι. Jambl. de vita Pyth. 18, 82: τί ἐστιν αἱ μακάρων νῆσοι; ἥλιος καὶ σελήνη.

bald Apollon selbst genannt. Die Bezeichnung als Grab kann nicht aus der Luft gegriffen sein, sondern ist offenbar auf bestimmte todtendienstartige Ceremonieen gegründet. Deswegen findet sich der Omphalos wohl auch als Altar βωμός bezeichnet, wie er auf Vasendarstellungen geradezu auf einer altarartigen Basis ruhend abgebildet wird[1]). Auf Grabspenden, welche dem Dionysos im Adyton dargebracht wurden, deutet Lykophron (v. 206) hin:

σωτῆρα Βάκχον τῶν πάροιθε πημάτων
Σφάλτην ἀνευάζοντες, ᾧ ποτ' ἐν μυχοῖς
Δελφινίου παρ' ἄντρα Κερδῴου θεοῦ
Ταύρῳ κρυφαίας χέρνιβας κατάρξεται
ὁ χιλίαρχος τοῦ πολυρραίστου στρατοῦ.

Mit dem Dionysosgrab, also wohl auch mit dem Omphalos, wird in nächste Beziehung gesetzt eine goldene Bildsäule des Apollon, welche auch Pausanias (X, 24) bekannt war. Die Raubsucht der Phokier im heiligen Kriege hätte einen solchen Schatz schwerlich verschont, und es ist mit Recht vermuthet worden, dass der goldene Apollon jüngeren Datums und an die Stelle eines älteren Bildes getreten war. Sollten nicht Platon's (Rep. IV, 5) Worte, dass Apollon ἐν μέσῳ τῆς γῆς ἐπὶ τοῦ ὀμφάλου ἐξηγεῖται (vgl. Eurip. Ion 464: Φοιβήιος ἔνθα γᾶς μεσόμφαλος ἑστία παρὰ χορευομένῳ τρίποδι μαντεύματα κραίνει), ein Sitzbild des Apollon anzeigen, welches auf oder an dem Omphalos angebracht war? Wir hätten dann ein altes ἕδος von ähnlicher Anlage wie das amykläische: Apollon oben über einem Grabe thronend, sei es in einer wirklichen Bilddarstellung oder, was bei Platon möglicherweise auch verstanden werden kann, indem der Gott beim Weissagen auf dem Omphalos sitzend nur gedacht wurde. Die Rolle des Hyakinthos fiel also in Delphi dem Dionysos zu, der auch sonst mit Apollon gemeinsam als Besitzer des Tempels angegeben wird. Es wäre verführerisch, den Omphalos mit Varro (L. L. VII, 47) geradezu für ein Kuppelgrab oder für die Nachahmung eines solchen zu halten. Indessen blickt hier eine besondere Symbolik durch, da man anders die kuppelartige Erhöhung über der Erde nicht speciell dem Apollon als Sitz angewiesen hätte. Die Erklärung wäre auf einem scheinbar entfernten Gebiete zu suchen, in der Religion der

1) Varro De ling. Lat. VII, 47: Praeterea si quod medium id est umbilicus, ut pila terrae, non Delphi medium; et terrae medium non hoc sed Delphis in aede ad latus est quiddam ut thesauri specie, quod Graeci vocant ὀμφαλόν, quem Pythonos aiunt tumulos. Hesych.: Τοξίου βουνός· τοῦ Ἀπόλλωνος τοῦ ἐν Σικυῶνι, βέλτιον δὲ ἀκούειν τὴν ἐν Δελφοῖς Νάπην λεγομένην· ἐκεῖ γὰρ καὶ ὁ δράκων κατετοξεύθη καὶ ὁ ὀμφαλὸς τῆς γῆς τάφος ἐστὶ τοῦ Πυθῶνος. Tatian. adv. Graec. 8, 251: ὁ δὲ ὀμφαλὸς τάφος ἐστὶ Διονύσου. Philoch. fr. 22 bei Malala ἔστιν ἰδεῖν τὴν ταφὴν αὐτοῦ ἐν Δελφοῖς παρὰ τὸν Ἀπόλλωνα τὸν χρυσοῦν. βόθρον δέ τι εἶναι ὑπονοεῖται ἡ σορὸς, ἐν ᾧ γράφεται· Ἐνθάδε κεῖται θανὼν Διόνυσος ὁ ἐκ Σεμέλης, vgl. Synkell. p. 162. Cyrill. c. Jul. X, p. 341, nach Deinarchos: ἀνηρῆσθαι καὶ αὐτὸν ὑπὸ Πέρσεως διατείνεται καὶ κεκηδεῦσθαι παρὰ τὸν χρυσοῦν Ἀπόλλωνα. August. Civ. D. XVII, c. 12, vgl. Lobeck: Aglaoph. p. 572—574. Nach Serv. ad Aen. III, 360 soll Dionysos dagegen in dem mantischen Dreifuss begraben sein, während Porphyrios (Vit. Pyth. XVI, p. 18) erzählt, Pythagoras hätte in Delphi auf das Grabmal des Apollon, Sohn des Silenos, begraben. Einen ὀμφαλός gab es auch in Phlius (Paus. II, 13, 7) und nach der Troilosvase (Gerh.: Vasenbild. CXXXIV) zu urtheilen, auch im Tempel des thymbräischen Apollon. Ebendaselbst steht als Beischrift βωμός, womit für Delphi der Schol. zu Aesch. Eum. 34 zu vergleichen ist.

Römer. Wir meinen die Anlage des sogenannten Mundus. Der Mundus war bekanntlich eine tiefe halbkugelförmige Grube, seine Bedeutung wurde bereits vom alten Cato aus dem Namen präcis erschlossen. Derselbe sagte (Fest. p. 154): «Mundo nomen impositum est ab eo mundo qui supra nos est, forma enim eius est, ut ex his qui intravere cognoscere potui, adsimilis illi». Die Grube, das Bild eines umgekehrten Himmels, war den Dis Manibus, den Geistern der Verstorbenen, und den Göttern der Unterwelt geweiht. Wie leicht ersichtlich, liegt hier die naive Vorstellung zu Grunde, dass die Himmelskugel, von welcher die ganze Welt eingeschlossen wird, in zwei Hälften oder Halbkugeln zerfällt. Die eine derselben wölbt sich über der Erde, die andere liegt unter derselben im Dunkelen verborgen. Wie erstere das Reich der lichten, freundlichen und lebenspendenden Geister war, so der unterirdische Himmel das Gebiet der Todten und bösen Geister. Auch den Griechen waren diese Vorstellungen von altersher geläufig, wie man aus der Verehrung des Ζεὺς χθόνιος ersieht, des «unterirdischen Himmels». Der grosse Geist und Beherrscher dieser Welthälfte, in der Benennung mit ihr zusammenfallend, war zugleich Beherrscher der Todten. Im Kulte hatten sich die Römer eine Nachbildung der Unterwelt in jener himmelförmigen Grube zurechtgemacht. Da die Welt (mundus) noch eine obere Hälfte besitzt, so stellten sie auf die Grube einen kegel- oder cylinderförmigen Stein, den lapis manalis, offenbar nichts anders als ein Abbild des überirdischen Himmels[1]). Unter diesem Stein, wir denken uns nach Westen gerichtet, war ein Eingang in die unterirdische Grube, von Macrobius die faux Plutonis genannt. Nur zu bestimmten Zeiten wurde diese Thür zur Unterwelt geöffnet, wahrscheinlich um Opfergaben an die Unterirdischen hineinzubringen. Die Tage, an denen dieses geschah, wurden im Kalender mit «mundus patet» bezeichnet und waren gefürchtet, weil dann die ihres Verschlusses ledigen Geister umzugehen pflegten. Die Symbolik des mundus lässt sich nun bei den Kultanlagen von Delphi und Amyklai wiedererkennen. Der Omphalos, auf welchem Apollon seinen Sitz hatte, war das Abbild des gewölbten oberen Himmels. Nicht der Omphalos selbst war ein Grab, wie die oben angeführten Gewährsmänner behaupten, wohl aber bedeckte er ein Grab und zwar nach der glaubwürdigsten Angabe das des Dionysos. Die Worte des Philochoros über das Dionysosgrab bei Malala (II, p. 18) lauten nach dem überlieferten Texte: βόθριον δέ τι εἶναι ὑπονοεῖται ἡ σορός, nicht βάθρον, wie man bei Synkellos (p. 162) liest. Βόθρος ist die Opfergrube der unterirdischen Götter und der Todten, entsprechend dem unteren Theile des mundus. Hier weilt Dionysos, und sein Aufenthalt wird erst alle drei Jahre unterbrochen, wenn die Thyiaden während des Opfers der Ὅσιοι ihn «wecken»

1) In Zeiten grosser Dürre pflegte man den lapis manalis durch die Stadt zu schleifen oder zu wälzen, worauf, wie man glaubte, alsbald Regen erfolgte. Wie jeder Zauber sich symbolischer Stellvertretung bedient, so vertrat bei diesem Regenzauber der über die Felder gewälzte Stein den regenbringenden Himmel, der aus seiner Ruhe aufgeschüttelt und auf die Felder gelenkt werden sollte. Aehnliche Bräuche finden sich bei verwandten Völkern (die Nachweise bei Preller: R. M.[3] I, 354). Mit scheinbarem Recht leiteten die Alten lapis manalis von manare ab (vgl. Preller, a. O.), während die Beziehung zum mundus sachlichen also auch lautlichen Zusammenhang mit manes mani sicher stellt (vgl. d. oben citirte Stelle aus Paulus).

(ἐγείρωσι), wie Plutarch (De Is. et Osir. 35) sich ausdrückt. Wir werden daran erinnert, dass die elischen Thyiaden ihren parakletischen Hymnos mit den Worten ἐλθεῖν ἥρῳ Διόνυσε begannen (Plut. Qu. Gr. 36). Auch in Delphi hätte man ihn einen Heros nennen könneu und zwar den Heros des Apollon, wie Hyakinthos in Amyklai. Am Grabe des letzteren war dargestellt, wie der Heros aus der Unterwelt in den Himmel geführt wurde (Paus. III, 4, 4); dieselbe Idee kehrt in folgender Definition des lapis manalis wieder: Manalem lapidem putabant esse ostium Orci, per quod animas inferorum ad superos manarent, qui dicuntur Manes (Paul. p. 128). Das ostium Orci oder die faux Plutonis finden wir in der ehernen Thür des Hyakinthosgrabes wieder, durch welche am Todtenfesttage der Hyakinthienfeier die Spenden hinabgegossen wurden. Der Glaube, dass die Oeffnung des Mundus («mundus patet») die Gespenster der Todten befreie, findet eine Art Analogie, wie man übrigens längst erkannt hat, in Athen, wo während des Dionysosfestes im Monat Anthesterion jedermann seine Hausthür gegen die umgehenden Spukgeister verwahrte.

Diesen Aehnlichkeiten gegenüber können einige Unterschiede zwischen der griechischen Kultanlage und der römischen die von uns angestrebte Vergleichung nicht verhindern. Was sie namentlich unterscheidet, ist im Grunde ein unterscheidendes Merkmal der Religionen beider Völker. Während die Hellenen ihre Kulthandlungen an lebendig gestaltete und individuell ausgebildete Götter richteten, verharrten ihre italischen Nachbarn noch bei allgemeineren, unklar umrissenen Geisterwesen. Auf Einzelheiten wie die, dass der Apollon von Amyklai zwar über einem erhöhten βωμός thronte, dieser aber nicht für rund, kugelförmig u. dgl. ausgegeben werden kann, ist kein grosses Gewicht zu legen. Für diesen Throntypus werden wir in Delphi im Verlaufe dieser Untersuchungen eine annähernde Analogie aufdecken.

In die Reihe dieser typischen griechisch-römischen Kultanlage glauben wir auch das paphische Heiligthum stellen zu müssen. Auf die Analogieen zu Amyklai haben wir bereits hingewiesen. Mit Delphi hat Paphos einen wichtigen Vergleichspunkt. Das Lexikon des Hesychios bietet nämlich folgende Notiz: γῆς ὀμφαλός· ἡ Πάφος καὶ Δελφοί. Schwerlich kann das anders verstanden werden, als dass in Paphos ein ähnliches Mal vorhanden war, wie in Delphi. Die alten Schriftsteller reden wiederholt von einem kegelförmigen Symbole der Aphrodite in Paphos. Auf den paphischen Münzen findet sich dieser Kegel abgebildet innerhalb einer Nachbildung des Tempelgebäudes. Die Erklärer sind bis jetzt beharrlich dabei geblieben, diesen heiligen Kegel entweder für ein Phallossymbol zu erklären oder für den elementaren Versuch einer menschlichen Statue[1]). Wir möchten anstatt dieser nicht unge-

1) Den paphischen Steinkegel beschreiben mit einigen Abweichungen Tac. Hist. II, 3: simulacrum deae non effigie humana, continuus orbis latiore initio tenuem in ambitum metae modo exsurgens et ratione obscura. — Max. Tyr. Diss. 8, 8: Παφίοις μὲν ἡ Ἀφροδίτη τὰς τιμὰς ἔχει, τὸ δὲ ἄγαλμα οὐκ ἂν εἰκάσαις ἄλλῳ τῳ ἢ πυραμίδι λευκῇ. Serv. ad Aen. I, 714: Apud Cyprios Venus in modum umbilici vel, ut quidam volunt metae, colitur. Philostr. V. Apoll. III, 58: προσπλεῦσαι Κύπρῳ κατὰ τὴν Πάφον, οὗ τῆς Ἀφροδίτης ἕδος, ὃ ξυμβολικῶς ἱδρυμένον θαυμάσαι τὸν Ἀπολλώνιον. Die irrthümliche Deutung als Bild wiederholt noch Furtwängler in Roscher's Wörterb. d. Myth., Bd. I,

suchten Erklärungen es vorziehen, hierin den Omphalos von Paphos zu sehen, umsomehr als auch das delphische Symbol sich in Form eines Kegels abgebildet findet. Der Name γῆς ὀμφαλός hat schon im Alterthume Missverständnisse erzeugt. Ursprünglich bedeutete nämlich ὀμφαλός nicht etwa bloss die Nabelhöhlung, sondern jede ähnliche Höhlung oder Erhöhung, wie z. B. den Schildbuckel, einen runden Knopf, den Napf der Eicheln, die Krönung eines Gewölbes u. s. w. Von dem Gebrauche, den Schildbuckel (umbo) so zu nennen, womit schon der Dichter der Ilias wohlvertraut ist, übertrug man das Wort auf den Mittelpunkt einer Fläche im Allgemeinen. So hiess ὀμφαλός θαλάσσης der Mittelpunkt des Meeres und γῆς ὀμφαλός der Mittelpunkt der Erde. Diese übertragene Bedeutung kann nicht der ursprüngliche Sinn des γῆς ὀμφαλός in Delphi gewesen sein, da sich die lokalen Verehrer des Apollon schwerlich einer solchen Ueberhebung von vornherein schuldig gemacht hätten. Zutreffend erschien diese Beziehung erst nach vielen Jahrhunderten, wo die ganze Welt nach dem berühmten Orakel pilgerte. So findet sie sich überaus häufig bei den attischen Dichtern und ist bei Hesychios ganz natürlich auch auf Paphos übertragen. Hierbei übersah man, dass weder Delphi noch Paphos, sondern nur ein heiliges Symbol aus Stein so hiess, welches je in einem Tempel an beiden Orten sich befand. Da die Bedeutung eines Himmelssymboles unverkennbar ist, so erklären wir, der Urbedeutung des Wortes gemäss als einer sich über eine Fläche erhebenden Höhlung oder Erhöhung, γῆς ὀμφαλός für die sich über der Erde wölbende Erhöhung. Es war ein Abbild der Himmelsrundung. Vielleicht stand dieses Symbol in Paphos über dem Grabe der Aphrodite, zu deren Kult es, nach den Münzen zu urtheilen, in engster Beziehung stand.

Wenn also die Anlage des amykläischen Kultes ebensowenig auf phönizischen Ursprung hinweist, wie der paphische, so bedarf es, um entscheidende Klarheit hierüber zu gewinnen, einer Erklärung der Namen Hyakinthos und Kinyras, der beiderseitigen Träger des Kultes. Unter dem Appellativum ὑάκινθος verstanden die Griechen bekanntlich eine Blume, entweder die blaue Schwertlilie (Iris germanica) oder den Gartenrittersporn (Delphinium Aiacis). Diesen Blumennamen hat man mit ἴον (Fίον) und viola in Verbindung gebracht, von dem es durch ein dreifaches Suffix, die beiden Deminutivsuffixe -ακ(σ) und -ινθ und die Endung -ος abgeleitet sein soll[1]). Wollte man nun die Richtigkeit dieser Etymologie auch zugeben, so kann von einer ähnlichen Ableitung des Heroennamens nicht die Rede sein. Einen mächtigen und bedeutenden Gott wie Hyakinthos, das Gegenbild des Apollon, ein kleines kleines Veilchen zu nennen, wäre einfach unsinnig. Die Homonymie bleibt räthselhaft und wird durch die ätiologische Fabel der Alten, welche den Namen vom Heros auf die Blume übertrug, für uns nicht aufgeklärt. Welcher gemeinsame Wortsinn, so müssen wir fragen, liegt beiden Benennungen

S. 407 «Hier auf Cypern, sagt Furtwängler, ward sie in ihrem uralten Heiligthume zu Paphos in Gestalt eines Kegels verehrt; zahlreiche Münzen der römischen Zeit zeigen uns den Tempel mit dem Idole; der Kegel endet oben immer in einen Knopf, zuweilen sind auch armartige Ansätze angegeben (die einzelnen Münzen variiren sehr; eine abgebildet D. d. a. K. 2, 285e vgl. 285 ff.); auch hier wie bei manchen anderen sogenannten anikonischen Idolen wird eine primitive Nachbildung menschlicher Gestalt zu Grunde liegen».

1) Curtius: Grdz. d. griech. Etym.[5], S. 574.

zu Grunde? Bei der Behandlung griechischer Götter- und Heroennamen muss es das erste sein, etwaige lautgesetzliche Veränderungen zu eliminiren. Die ursprüngliche Namensform wiederherzustellen, dient ferner die Vergleichung zunächst mit anderen Götternamen, dann mit Eigennamen überhaupt. Wir setzen voraus, dass Ὑά-κινθος ein Compositum ist, dessen erster Bestandtheil sich auch in Ὑη, dem Namen der Semele, und in Ὑης, Ὑεύς, Beinamen des Dionysos, erhalten hat. Dieser Gott heisst aber auch Εὔαν Εὔας (-αντ), Σάβος Σαβάδιος Σεβάδιος Σεβάζιος, seine Gefährten, die Silenen, Σαυάδοι, Σευίδαι und Σάβοι. Alle diese Namen lassen sich unschwer auf die Grundform ΣεϜαντ- oder ΣαϜαντ- zurückführen. Ὑα- in Ὑάκινθος ginge also zunächst auf συα- (sua), dieses auf σεϜα- oder σαϜα- zurück. Das zweite Element -κινθος stellen wir zu κινέω κίνυμαι. In κίνδαξ und ὀνοκίνδιος (Pollux I, 185) schliesst der Stamm mit einem Dentallaute, welcher unter dem Einflusse der vorangehenden Nasalis leicht der Aspirirung unterlag[1]). Wie ὀνοκίνδιος der Treiber oder Beweger eines Esels (ὄνος), so dürfte Ὑά-κινθος oder Ὑα-κίνθιος (*ΣεϜα-κινθjος) der «Beweger» des im ersten Bestandtheile des Compositums enthaltenen Begriffes sein. Savitar war der Name eines Sonnengottes bei den Indern, Saeturnus (aus Saveturnus) der eines italischen. Im Griechischen drückt αὕω, εὕω «sengen», «dörren» die Thätigkeit der Sonne aus. Beide Verba gehen nach dem dialektischen σαυκός «trocken» zu urtheilen, auf einen Stamm σαϜ- σεϜ- zurück (Curtius: Etym. Gr.[5], p. 193). Hierher gehören goth. *sauil*, lat. *sol*, gr. ἠέλιος ἥλιος, ἀβέλιος aus *σαϜέλιος. Ὑάκινθος hiesse also aller Wahrscheinlichkeit nach der «Sonnenbeweger». Diese Vermuthung möge erstens dadurch unterstützt werden, dass Apollon, ein alter Feuer- und Lichtgott, bei den Griechen in specielle Beziehung zum Sonnenfeuer gebracht war. Zweitens kommt hier die Festzeit der Ὑακίνθια in Betracht, über welche neuerdings Latyschew und E. Bischoff gehandelt haben[2]). Beide Gelehrte kamen im Gegensatze zu Unger's Ansatze zum Resultat, dass der spartanische Ἑκατομβεύς, der Monat der Hyakinthienfeier, dem attischen Σκιροφοριών, dem sommerlichen Sonnenwendmonate, unserem Juni-Juli, entsprach. Die Ὑακίνθια waren also das «Sonnenwendfest», welches alle europäischen Völker von uralten Zeiten her mit besonders grosser Feierlichkeit begingen. Während die Spartaner als Dorier[3]) ihr Jahr mit dem Herbstaequinoctium begannen, scheinen die Hyakinthien, nach den erhaltenen Beschreibungen zu urtheilen, eine ältere Neujahrsfeier gewesen zu sein. Die vordorische Bevölkerung von Lakonien, von denen die Spartaner das amykläische Fest ererbten, hätte sich als Jahresperiode die Sommersonnenwende gesetzt, wie die Attiker und andere hellenische Stämme. Hierdurch erklärt sich auch am Besten die Zusammensetzung des Festes aus einer Todten- und einer Freudenfeier. Das Altjahr, dessen Tod man alljährlich feierte, stand bei Griechen und Italikern unter der Gewalt eines chthonischen Wesens, wie z. B. Διόνυσος und Saeturnus (aus Savetornos der «Sonnendreher»?) beweisen.

1) Curtius: Gdrz., S. 522; G. Meyer: Gr. Gr., § 209.

2) G. F. Unger: Der Isthmientag und die Hyakinthien, Philologus XXXVII, S. 13 ff. В. В. Латышевъ: О нѣкоторыхъ эолическихъ и дорическихъ календаряхъ, С.-Пб. 1883, S. 133 ff. E. Bischoff: De fastis Graecorum antiquioribus, Leipz. Stud. z. cl. Phil. VII, S. 369 ff.

3) E. Bischoff, a. O., S. 368.

Zur Wahrscheinlichkeit unserer Etymologie trägt noch Folgendes bei: ὑάκινθος hat eine schlagende Parallele in dem Blumennamen ἡλιό-τροπος, trüge also den Namen von der Zeit der jährlichen Wiederkehr, dem Frühlinge[1]).

Für das hohe Alter des griechischen Hyakinthienfestes scheint eine römische Parallele zu sprechen. Viermal jährlich, nach dem Kalender am 14 März, 7 Juli, 21 August und 15 December, feierten die Römer die Consualia. Es ist nicht schwer zu erkennen, dass die vier Festtermine nicht bloss mit den vier Jahreszeiten, sondern auch speciell mit den vier Hauptpunkten des Sonnenumlaufes zusammenhängen, den beiden Aequinoctien und beiden Solstitien. Hierdurch widerlegt sich die schon im Alterthum behauptete und neuerdings häufig wiederholte Ableitung des Namens von conserere, da man nicht viermal jährlich säet, also auch kein «Säefest» zu feiern hätte. Consualia ist abgeleitet von *consuus, nicht etwa wie neuerdings Jordan (Preller: Röm. Myth. 3 Aufl., II, 24. Anm.) vorschlägt, von einem übrigens nicht einmal existirenden Participium consus -a-um von condo, da es sonst Consalia, nicht Consualia heissen müsste. Da aber Consualia jedenfalls von Consus, dem Gotte, dessen unterirdischer Altar im Circus Maximus bei Gelegenheit des Festes aufgedeckt wurde, nicht getrennt werden darf, so bleibt nur die Annahme möglich, dass Consus aus Consuus verkürzt ist. Wenige Tage nach den Consualien des August fand in der Regia ein feierliches Opfer an die Ops Consivia statt. Dieser Beiname der Ops ist offenbar verwandt mit dem Namen Se(v)ia einerseits, andererseits mit jenem vorauszusetzenden Götternamen Consuus. Nach Analogie von Djev- Jov-Ju- wäre nämlich Consuus aus Consovus, dieses aus Consevus entstanden, wozu sich Consivia, aus Consevia assimilirt, stellt. Die Seia Sevia, (Plin. H. N. XVIII, 8) deutet darauf hin, dass wir in jenem *Consevus und dem davon abgeleiteten Consivia ein Compositum vor uns haben. Die Beziehung des Wortes auf den Sonnenlauf und die Zeitrechnung haben wir oben schon angedeutet. Wir können uns deshalb nicht enthalten, in diesem räthselhaften Namen denselben Nominalstamm *sev- sav-* wiederzufinden, wie in Ὑά-κινθος. In Consualia dürfte ein inlautendes *d* der leichteren Aussprache wegen ausgeschieden sein, wie in arsi für *ardsi von ardeo. In umgekehrter Folge kehren die beiden Elemente der Composition in saecolum aus *save-condlum (wie scala aus *scandla) wieder. Die Bedeutung einer längeren Zeitperiode, sei es einer γενεά, zu 30 Jahren gerechnet, oder eines Jahrhunderts, könnte recht wohl verallgemeinert sein aus der Bezeichnung eines Sonnencyklus. Bei den Umbrern bedeutete das Wort in der Form zicolom die kürzeste Sonnenperiode, Sonnenwendung, den Tag. Sehr merkwürdig ist es, dass die alten ludi saecu-

1) G. F. Unger: Philologus XXXVII, S. 28: «Der Hyakinthos der Alten entsteht mit dem Eintritt des Frühlings, vgl. Ovid. Met. 10, 164:

quotiesque repellit
Ver hiemem Piscique Aries succedit aquoso
Tu toties oreris viridique in cespite flores.

Philostr. Imag. I, 24: ἀνάγνωθι τὴν ὑάκινθον, γέγραπται γὰρ, καί φησιν ἀναφῦναι τῆς γῆς ἐπὶ μετρακίῳ καλῷ καὶ θρηνεῖ αὐτὸ ἅμα τῷ ἦρι». Einer ähnlichen Beziehung entsprang der Name der attischen Ὑακινθίδες. Diese sechs Jungfrauen sind offenbar identisch mit den sechs Ὑάδες. Das Sternbild der letzteren befindet sich im Zeichen des Stiers wie auch die Pleiaden. Der Frühaufgang der Pleiaden und das Eintreten der Sonne in jenes Thierzeichen fällt bekanntlich nach dem ältesten griechischen Kalender mit Frühlingsanfang zusammen.

lares mit dem Opfer an Dis pater begannen, welches auf einem zu diesem Zwecke jedesmal ausgegrabenen unterirdischen Altare des Terentum vollzogen ward, genau so wie das Consusopfer zu Beginn der Consualia im Circus Maximus. Eine Beziehung auf den Sonnenlauf kann auch daraus erschlossen werden, dass Augustus bei der Reform der Saecularspiele Apollon als Gott derselben substituirte.

Ueber die Feier der Consualia im August erfahren wir, dass sich an die chthonische Feier circensische Wagenspiele schlossen und dass die Pferde und Maulthiere der ganzen Stadt, von der Arbeit ruhend, mit Blumen bekränzt wurden. Ausserdem überliess sich die ganze Stadt dem Festjubel, in welchem es an derben Lustbarkeiten nicht fehlte. Vergleichen wir damit die Schilderung des Hyakinthienfestes, die uns Athenaeus (IV, 139 D) aus Didymos aufbewahrt hat. An dem mittleren der drei Festtage, heisst es hier, beginnt ein buntes Schauspiel und eine prächtige und grosse Feier. Jünglinge schlagen die Cither und besingen den Gott. Andere ziehen reich geschmückt auf Pferden um das Theater. Von den Jungfrauen fahren die einen auf prächtig geschmückten Wagen, andere ziehen mit aneinander gereihten Wagen zu einem Wettrennen auf. Die ganze Stadt befindet sich in Bewegung und Freude. Jeder opfert und schmaust mit seinen Freunden und Sklaven zusammen. Euripides (Hel. 1470) gedenkt der κῶμοι Ὑακίνθου, was an die Bauernspässe der Consualia erinnert, wie das circensische Wagenrennen in dem Agon von Amyklai, das Consusopfer auf dem unterirdischen Altare in den durch eine Thür unter den Hyakinthosaltar hinabgespendeten Opfern wiederkehren. Die Verwandtschaft, wir wagen nicht zu sagen Identität, der Namen Sevakinthia und Condsevalia mag als letztes Moment hinzukommen, um die Grundlage beider Feste in eine uralte gräkoitalische Periode hinaufzuverlegen, wo von phönizischen Kultstiftern nicht die Rede sein konnte.

In seinem Verhältnisse zu Apollon entsprach dem Hyakinthos von Amyklai in Delphi der Gott Dionysos. Letzterer theilte sich mit Apollon nicht nur in den Besitz des Tempels, sondern auch in die Herrschaft über das Jahr der Delphier: Die drei Wintermonate hindurch löste er nach dem Glauben Apollon ab[1]). Welcker (Gr. Götterl. I, 429 ff.) hat auf das Ueberzeugendste die Rolle des Dionysos als die einer Gottheit der Sonne, nämlich der den Menschen und der Oberwelt abgekehrten, definirt. Es ist die Nachtsonne, die in der Unterwelt weilt, und die Wintersonne, welche unter der Leitung und Fürsorge des Dionysos standen, ebenso die Altjahrsonne, welche ihren Lauf beschlossen hat und in die Unterwelt zurückgekehrt ist. Ein chthonisches Wesen von ähnlicher Bedeutung muss auch Kinyras ursprünglich gewesen sein. In einer kyprischen Glosse Hesych's heisst es: τὸ κιναύρου ψῦχος· ἡ ἅμα ἡμέρᾳ, die Kyprier nannten also die nächtliche, kurz vor Sonnenaufgang eintretende Kälte κιναύρου ψῦχος. Dieses Wort κίναυρος oder κιναύρας hat eine allzugrosse Aehnlichkeit mit Κινύρας, welches doch unzweifelhaft auch einst ein Appellativum von ganz bestimmter Bedeutung

1) Plut. de El ap. Delph. 9: τὸν μὲν ἄλλον ἐνιαυτὸν ἐπεγείραντες τὸν διθύραμβον τὸν δὲ παιᾶνα καταπαύσαντες τῷ παιᾶνι χρῶνται περὶ τὰς θυσίας, ἀρχομένου δὲ χειμῶνος τρεῖς μῆνας ἀντ' ἐκείνου κατακαλοῦνται τὸν θεόν (Διόνυσον).

war. Nichts steht im Wege, beide Worte auf κινϜαρ- zurückzuführen, indem einerseits der dumpfe U-laut den folgenden helleren Vokal verschlang, andererseits die «Metathesis» von Ϝαρ- zu αὐρ- stattfand, analog derjenigen von Ϝερύς (sanskr. *váras*, *urús*) zu εὐρύς. Kinyras erscheint demnach als ein nächtliches Wesen, dessen Thätigkeit mit dem Sonnenaufgang zusammenhängt. Sehen wir uns nun unter den griechischen Personennamen um, so begegnet uns in Dialektinschriften der Name ΞένϜαρος. In des Lukianos Wahrer Geschichte (II, 25) kommt dagegen als Vater des Κινύρας ein Σκίνθαρος vor. Kinyras soll die Helena geraubt haben, von Menelaos aber ereilt und bestraft worden sein. So travestirend die Zuthaten dieser Erzählung sind, so wird sie sammt jenen Namen irgendwoher dem griechischen Mythenschatze entnommen sein. Σκίνθαρος, ΞένϜαρος und Κινύρας gehen auf die Grundform ΣκένδϜαρος zurück, welche um den inlautenden dentalen Mittellaut erleichtert wurde[1]).

Verfolgen wir den uns vorliegenden Namen in seinen verschiedenen Gestaltungen, so führt uns dieser Weg abermals nach Delphi zurück. Es handelt sich zugleich um eine Thatsache, die, wie wir vermuthen, mit Unrecht Eigenthum der griechischen Literaturgeschichte geworden ist. Im Naos des delphischen Tempels stand nicht weit vom Hauptaltar ein geheiligter Thron, Θρόνος Πινδάρου genannt. Pausanias (X, 25, 5) beschreibt ihn mit folgenden Worten: σιδήρου μέν ἐστιν ὁ θρόνος, ἐπὶ δὲ αὐτῷ φασιν, ὁπότε ἀφίκοιτο εἰς Δελφούς, καθέζεσθαί τε τὸν Πίνδαρον καὶ ᾄδειν ὁπόσα τῶν ἀσμάτων ἐς Ἀπόλλωνά ἐστιν. Wenn nun schon hierin eine ganz ausserordentliche und auffallende Ehrenbezeugung lag, so wissen die Pindarbiographen von noch grösseren Auszeichnungen des Dichters zu berichten. So erzählt Eusthathios (Βιογράφοι, ed. Westerm., p. 92), Apollon soll den Pindaros geliebt haben und zwar so sehr, dass letzterer einen Theil der Opfer des Apollon erhielt und der Priester deshalb beim Opfer zu rufen pflegte: Πίνδαρος ἐπὶ τὸ δεῖπνον τῷ θεῷ oder Πίνδαρος ἴτω ἐπὶ τὸ δεῖπνον τοῦ θεοῦ. Nach anderen aber hätte der Neokoros, wenn er den Tempel abschloss, allabendlich gerufen: Πίνδαρος ὁ μουσοποιὸς παρίτω πρὸς τὸ δεῖπνον τῷ θεῷ. Thomas Magister giebt den Anruf nach der ersten Version, die Vita Vratislav. nur nach der dritten, während Plutarch (De sera num. vind. c. 13) sagt: ἀναμνήσθητι δὲ τῶν ἔναγχος τῶν θεοξενίων καὶ τῆς καλῆς ἐκείνης μερίδος, ἣν Πινδάρου κηρύττουσι λαμβάνειν ἀπογόνους. Bei dieser Geschichte war nicht einzusehen, wie der Dichter noch Jahrhunderte nach seinem Tode zum Genusse des Opfermahls eingeladen werden konnte. Deshalb umging Plutarch die Schwierigkeit dadurch, dass er an die Stelle des Pindaros dessen Nachkommen setzte, noch gewandter aber der Verfasser des sogenannten γένος Πινδάρου, indem er das Opferfleisch von Delphi nach Theben schicken liess, wo die Nachkommen des Pindaros wohnten. Von diesen Umdeutungen und Zudichtungen befreit, hat die Notiz über den Pindaroskult alle Ansprüche auf Authenticität. Selbstverständlich ist ὁ μουσοποιός, der Zusatz in der dritten Version, entweder unnütz oder falsch. Wir sind davon überzeugt, dass es sich gar nicht um den Dichter Pindaros gehandelt

1) Ueber Erleichterung dreifacher Consonanz durch Verdrängung des mittleren Consonanten vgl. Brugmann: Gr. Gr., § 59.

hat, sondern um einen in Delphi neben Apollon verehrten ἥρως gleichen Namens. Das Zusammenfallen eines Personen- mit einem Heroennamen ist etwas durchaus Gewöhnliches und durch das ursprüngliche Namensystem der Griechen vielleicht geradezu Gebotenes. Verwechselungen eines obscuren Lokalheros mit einer berühmten historischen Person konnten dadurch nicht bloss leicht entstehen, sondern sind in der That, wie sich an weiteren sicheren Beispielen nachweisen lässt, mehrfach vorgekommen [1]). Verstehen wir uns also zur Annahme der obenerwähnten Vermuthung, so wird erst begreiflich, was Eustathios von der Liebe Apollon's zu Pindaros erzählt, welchen Punkt noch E. v. Leutsch «verkehrt und dunkel» finden musste. Der Heros Pindaros galt offenbar als Geliebter Apollon's, wie Hyakinthos, Kinyras, Branchos, Linos und andere Kultgenossen desselben Gottes. Dass ein Heros an Verehrung und Opfer eines Gottes theilnimmt, ist in der dualistisch gefärbten Religion der Hellenen eine vielfach bezeugte Thatsache. Eben durch jene Annahme erklärt sich auch die rituelle Einladung (παράκλησις) des Pindaros. Endlich werden wir von der ungeschickten Fabelei des Pausanias über den θρόνος Πινδάρου befreit. Dieses heilige Stück erinnert an den Thron zu Amyklai, der sich über dem Hyakinthosaltare erhob. Offenbar hatte er die gleiche symbolische Bedeutung. Wenn endlich die Angabe genau ist, dass der Neokoros beim Zuschliessen des Tempels, also am Abend, den Pindaros herbeirief, so erinnern wir daran, dass Heroenopfer in der Regel Abends oder Nachts stattzufinden pflegten [2]).

Unsere Vermuthung über den delphischen Pindaros kann auch auf seinen Namen gestützt werden. Vergleichen wir denselben mit Σκίνθαρος, ΞένϜαρος und Κινύρας, so dürfen wir auf Grund folgender Erwägungen an eine Verwandtschaft denken. Bekanntlich zeigt das Griechische, wie auch andere Sprachen, die Erscheinung, dass nach anlautendem Sibilanten durch Umspringen der Articulationsstelle Wechsel des auf den Sibilanten folgenden Explosivlautes eintrat. So steht σπινθήρ neben *scintilla*, σφαρίζω neben σκαρίζω, andererseits σκῦλον neben *spolia*. So kann also Πίνδαρος, lautgesetzlich verändert aus *ΣπίνδϜαρος, einem älteren *ΣκίνδϜαρος gleichstehen. Dieses Wort, welches wir für ein Compositum halten müssen dürfte erstens durch σκινδ σκινθ- σπινδ- ξεν(δ)- σκεν(δ)- zu der von den Indogermanisten aufgestellten Wurzel *skand* gehören, welche durch die griechischen Worte ξανθός *(σκανθός), ξουθός

1) Indem wir uns vorbehalten, auf dieses interessante Thema bei einer anderen Gelegenheit zurückzukommen, begnügen wir uns hier, nur ein Beispiel anzuführen. Der Kaiser Julianus behauptete in einer seiner Reden (Or. 6, p. 200), Krates, der stoische Philosoph, sei in Athen so hoch geehrt gewesen, dass man über die Hausthüren schrieb: Εἴσοδος Κράτητι ἀγαθῷ δαίμονι. Schätzte man die Verdienste jenes würdigen Philosophen auch noch so hoch, so hatte Athen doch genug erlauchtere Geister erzeugt, welche jener Ehre ungleich würdiger gewesen wären. Hier liegt ganz augenscheinlich eine Verwechselung vor. Der gute Hausgeist Κράτης entspricht dem deutschen *skrato, skrat*, slav. *skret*, finn. *kratti* (J. Grimm: D. Myth., p. 396 ff.), noch heute bei den Esthen ein beliebter und glückbringender Hausgast. Wenn im Griechischen trotz der Beliebtheit der Anlautgruppe σκ — deren erster Bestandtheil σ häufig geschwunden ist (G. Meyer: Gr. Gr., § 249), so kommt die dreifache Consonanz σκρ — im Anlaut überhaupt nicht mehr vor (a. O., § 255). Dasselbe Wesen ist also auch unter dem θυρεπανοίκτης bei Plut. qu. conv. 9, 1, 6 und Diog. La. 6, 5 n. 2 zu verstehen.

2) Schol. Pind. Isthm. III, 110: ἔθος πρὸς δυσμὰς ἱερουργεῖν τοῖς ἥρωσι. Diog. Laert. VIII, 33: ἥρωσι θύειν ἀπὸ μέσης ἡμέρας; vgl. Etym. M., p. 468: ἀπὸ δὲ μεσημβρίας ἔθυον τοῖς καταχθονίοις. Eust. ad Iliad. VIII, 65: τὸ γὰρ μεσημβρινὸν τοῖς κατοιχομένοις ἀπένεμον εἰς χοάς.

σπινθήρ und die lateinischen *candor*, *candere*, *in-cendere*, *cicindela*, *scintilla* repräsentirt wird[1]). Allen gemeinsam ist der Begriff des Leuchtens oder Brennens. Die Beziehung auf Licht und Feuer der Sonne ging auch für die uns beschäftigenden Personen aus den Thatsachen des Kultus hervor.

Auf den zweiten Theil des Compositums wirft der Ausdruck κιναύρου ψῦχος für die Kälte bei «Sonnenaufgang» ein gewisses Licht. Wir denken an denselben Stamm *ver-var-vor*, der uns in ἀείρω, ὄρος, οὖρος entgegentritt (Curtius, Grdz., 348)[2]). Κινύρας wäre also ein Lichtwesen, welches dem Apollon zur Seite steht und die besondere Aufgabe gehabt hätte, die Sonne in Bewegung zu setzen, sie aus der dunklen Erde emporzuheben. Seiner Thätigkeit mochte man die Morgendämmerung zuschreiben. Das königliche Priestergeschlecht von Paphos betrachtete ihn als Ahnherrn. Nun erfahren wir noch von einem zweiten Geschlechte, welches neben den Κινυράδαι bestand. Dieses waren die Ταμιράδαι, Nachkommen eines angeblichen kilikischen Sehers Ταμίρας oder Ταμύρας[3]). Vergleicht man skr. *tamas*, *tamisra*, *tamira*, *tamra* «Dunkel, Nacht», lit. *tamsras*, lat. *tenebrae* (für *temesrae*), *temere*, ahd. *demar*, so liegt es nahe, in diesem zweiten Heros ein Gegenstück zum Κινύρας zu erkennen, ein Wesen, welches am Abend das Dunkel hervorbringt[4]). Wie es scheint, liegt, wenn auch nur in undeutlichen Umrissen, dieselbe Conception vor, wie bei den Dioskuren, den Herren des Morgen- und Abendsternes, zugleich der Morgen- und Abenddämmerung. Von diesen göttlichen Zwillingen, die im Glauben aller indogermanischen Völker vorkommen, leiteten sich offenbar die beiden vornehmsten Geschlechter von Paphos ab. Obgleich wir nur eines derselben im Besitze der Königswürde sehen, so möge hier doch an das Zwillingspaar erinnert werden, von dem die beiden Königsgeschlechter Sparta's abstammen und an die beiden Ahnherren des römischen Volkes. Wir sind der persönlichen Ueberzeugung, dass Quirinus, der

---

1) Ueber die Verzweigungen dieses alten Wurzelwortes vgl. Ahrens: Or. u. Occ. III, S. 1 ff.

2) Mit κινύρα (Septuag. Joseph.) oder κινυρή (Etym. Magn.), dem gräcisirten Kinnor «Harfe» hat Κινύρας unmöglich etwas zu thun. Von beiden zu trennen ist κινύεσθαι «um einen Todten klagen», darauf «klagen», «heulen», «trauern». Dieses Wort dürfte mit κενέβρειος verwandt sein, durch θνησίδιος, νεκριμαῖος erklärt, τὰ κενέβρεια «Aas». Wir denken an Zusammenhang mit skr. kshināti, gr. φθίνειν ψίνεσθαι σπίνος.

3) Tac. Hist. II, 3: Fama recentior tradit, a Cinyra sacratum templum; sed scientiam artemque accitam et Cilicem Tamiram intulisse, atque ita pactum, ut familiae utriusque posteri caerimoniis praesiderent. Mox, ne honore nullo regium genus peregrinam stirpem antecelleret, ipsa quam intulerant scientia hospites cessere. Tantum Cinyrades sacerdos consulitur. Zum Kilikier ist Tamiras wohl aus keinem anderen Grunde geworden, als wie auch Kinyras (vgl. oben S. 32).

4) Auch dem Hyakinthos wird ein Bruder beigesellt, Nameus Κυνόρτας. Der Name scheint mit *vert-vart-* «wenden, drehen» zusammenzuhängen, wovon *vertere* und *f* αρτ- in ῥατάνη äol. βρατάνα, wenn man es nicht, mit Unger (Philol. Bd. 37, S. 21), auf ὄρνυμι, *oriri* zurückführt. Von dem vierhändigen Doppelbilde in Amyklai sagt Hesych.: Λάκωνες δὲ Κουρίδιον καλοῦσι τὸν παρ' αὐτοῖς τετράχειρα Ἀπόλλωνα. Unger (a. O., 26) führt κουρίδιον auf den Nominativ κουρίδιον zurück, ein vorausgesetztes Deminutivum von κοῦρος. Der Sinn passt wenig zu einem Doppelgotte. Wir gestatten uns, Κουρίδιος für eine Verballhornung von Κοῦροι Διός zu erklären. Die Dioskuren sind Geister, welche Auf- und Untergang der Sonne bewirken, der Morgen- und Abenddämmerung vorstehen. Morgen- und Abendstern sind deswegen ihre Symbole. Zu beachten ist daher, dass Hyakinthos der Sage nach vom Diskos des Apollon getödtet wird, wohl der Sonnenscheibe, welche Dämmerung und Morgenstern verschwinden lässt.

andere Name des Romulus, nichts anderes als *Quinirus und mit Κινύρας identisch ist[1]). Quirinus hiess aber auch Mars, der Gott, welcher am meisten dem griechischen Apollon entsprach, also ein Licht- und Feuergott mit chthonischen Zügen.

Wie es sich also auch mit den hier vorgeschlagenen Etymologieen von Ὑάκινθος und Κινύρας verhalte, so dürfte aus dem angeführten Materiale jedenfalls erhellen, dass der semitische Character beider nur auf Grund einer oberflächlichen Betrachtung behauptet werden konnte. Auf welche Weise auch jene Wesen in die allgemeinen Religionsvorstellungen der Griechen einzuordnen sind, so dürfen sie jedenfalls nicht aus diesem natürlichen Zusammenhange gerissen und künstlich in die semitische Religionsgeschichte eingezwängt werden.

Wir glauben durch die bisher angehäuften Argumente dargethan zu haben, dass die These, welche sich in mehr oder weniger freier Weise auf Herodot stützt, eine irrthümliche ist. Kypros verdankte die Verehrung der Aphrodite und ihres paphischen Kultgenossen Kinyras seinem alten colonialen Zusammenhange mit Hellas, nicht einer asiatischen Religion. Wie kam es aber nun, wird man fragen, dass Herodot trotzdem ein Aphroditeheiligthum auf Kypros gerade als askalonische Stiftung bezeichnet hat? Der Thatsache an sich könnten wir Glauben schenken, auch wenn wir die Folgerungen, welche Herodot und seine Interpreten daran geknüpft haben, zurückweisen müssten. Die Glaubwürdigkeit hängt natürlich, wie bei jeder historischen Nachricht, so auch hier von der Art ihrer Bezeugung ab. Da nun Herodot die Nachricht als Aussage der Kyprier selbst giebt (ὡς αὐτοὶ λέγουσι Κύπριοι), so hat man geglaubt, auf das Allerbeste unterrichtet zu sein. Wer hätte besser wissen können, als die Kyprier selbst, wann und wie ihre Tempel gestiftet waren? Seitdem man freilich die schriftstellerischen und Forschergewohnheiten der Logographen besser erkannt hat — und auch Herodot muss in gewissen Beziehungen zu letzteren gezählt werden — ist man sich über den Werth ähnlicher Zeugenberufung klarer geworden. Es steht fest, dass derartige Citate bei Herodot keineswegs auf dokumentarische Genauigkeit ausgehen, in der Weise wie wir in unseren heutigen Geschichtsbüchern Quellenbelege anzuführen pflegen. Vielmehr handelt es sich um eine Freiheit, welche die ersten Prosahistoriker von ihren epischen Vor-

1) Mommsen hat im Hermes (XVI, S. 1 ff.) versucht, die Zwillingsgründer von Rom als spätere Erfindung zu erweisen. Zum ursprünglichen Eponymos Romulus sei Remus hinzugefügt worden, um das republikanische Doppelconsulat zu erklären. Diese Vermuthung ist wenig einleuchtend. Viel ansprechender war Schwegler's (Röm. Gesch. I, 434) Zusammenstellung der Zwillinge mit dem Brüderpaar der lares publici oder compitales, welche man als Schutzgeister der Stadt in den einzelnen Vierteln derselben verehrte. Die lares werden von den Griechen unbedenklich ihren ἥρωες gleichgesetzt (vgl. Preller: R. M.[3] I, 89; II, 102). Die Verehrung mythischer Ahnen und der Glaube an sie ist bei allen indogermanischen Völkern eine ganz unzweifelhafte historische Thatsache. Das Doppelregiment in Rom, in Sparta und anderswo, die Zweiheit der Stadtgründer und Ahnherren (Amphion und Zethos, Eurypon und Agis, Theseus und Peirithoos u. s. w.), endlich der Dioskurentypus, sind vermuthlich zusammengehörige Züge eines gemeinsamen Bildes, welches sich einst im Glauben der Indogermanen abgespiegelt hat. Die römische Zwillingssage in die richtige Beziehung zu verwandten Vorstellungen gesetzt zu haben, ist das Verdienst von Wsewolod Miller: Очерки арійской мифологіи въ связи съ древнѣйшей культурой. Томъ I Асвины-Діоскуры, Москва 1876, S. 222 pass. Auf der Insel Tenos hiess eine Phyle Ὑακινθίς, man betrachtete hier den Hyakinthos als Stammheros.

gängern übernahmen. Wie es etwa einem epischen Dichter erlaubt war, die Vorgeschichte seiner Helden von diesen selbst erzählen zu lassen, ihnen selbst die Geschichte ihres Stammes, ihrer Heimath u. dgl. in den Mund zu legen, so thaten es unbedenklich auch jene ersten Historiker im eigentlichen Sinne dieses Wortes. Wer wollte etwa sonst glauben, dass die gelehrten Leute in Persien (Περσέων μὲν οἱ λόγιοι) die Veranlassung zu den Perserkriegen im Raube der Tochter des Inachos suchten, wie Herodot (I, 1) glaublich machen will, oder es wahrscheinlich finden, dass die Meder ihren Volksnamen von der Medeia (Herod. VII, 62) herschrieben. Eben so leicht einzusehen ist es, dass der persische Herold in seiner Anrede an die Argiver nicht gesagt haben wird, dass sein Volk von Perses, dem Sohne des Perseus und der Andromeda, abstamme (Herod. VII, 150). Nicht die λόγιοι der Perser, sondern die der Hellenen sind die Urheber dieser geschichtlichen Notizen, welche sie den handelnden Barbaren in den Mund legten. In den eingeflochtenen Reden blieben die antiken Geschichtserzähler dieser erlaubten Art von Fiktion zu allen Zeiten treu. So und nicht anders muss auch die Aussage der Kyprier über den Aphroditetempel aufgefasst werden. Sie gehört zu den gelehrten Notizen über den Ursprung der hellenischen Götter, welche Herodot an mehreren Stellen seines Werkes einflocht, und deshalb ist sie nicht anders zu beurtheilen, als etwa seine Angaben über den Ursprung des dodonäischen Zeuskultes (II, 54—58), oder über die Herkunft griechischer Götter aus Libyen (IV, 180) und Aegypten (II, 50). Die gleiche einkleidende Formel ὡς αὐτοὶ Κύπριοι λέγουσι kehrt bei Herodot (VII, 90) in der Uebersicht über die Herkunft der Kyprier wieder. Hier ist es unbedingt unmöglich, dass die Volkstradition und nicht gelehrte Combination zu Grunde liegt. Auf diese κτίσεις haben wir genauer einzugehen. Die Stelle lautet: τούτων δὲ τοσάδε ἔθνεά ἐστι, οἱ μὲν ἀπὸ Σαλαμῖνος καὶ Ἀθηνέων, οἱ δὲ ἀπ' Ἀρκαδίης, οἱ δὲ ἀπὸ Κύθνου, οἱ δὲ ἀπὸ Φοινίκης, οἱ δὲ ἀπ' Αἰθιοπίης, ὡς αὐτοὶ Κύπριοι λέγουσι (VII, 90). Hierzu kommt an einer anderen Stelle unseres Herodottextes (V, 113) die Notiz: οἱ δὲ Κουριέες οὗτοι λέγονται εἶναι Ἀργείων ἄποικοι. Die Herausgeber hätten längst erkennen sollen, dass die Stelle unächt ist. Erstens unterbricht sie in ungehöriger Weise den Schlachtbericht gerade an der spannendsten Stelle. Zweitens wäre es unbegreiflich, warum Herodot zwei Bücher später die Argiver aus der ethnographischen Aufzählung fortgelassen hätte. Jene Worte sind ein Glossem, welches sich ursprünglich auf die eine Zeile tiefer erwähnten πολεμιστήρια ἅρματα der Kurieer bezog. Der Erklärer wollte daran erinnern, dass die Kurieer Streitwagen hatten, weil sie eben so gut Argiver gewesen seien, wie die ebenfalls auf Streitwagen kämpfenden Helden vor Troja. Lässt man also diese Stelle aus dem Spiel und rechnet man die Phönizier ab, so hätte Herodot fünf kyprische κτίσεις gekannt. Genau so viel zählt auch der Dichter Lykophron auf (v. 447 ff.):

οἱ πέντε δὲ Σφήκειαν εἰς Κεραστίδα
καὶ Σάτραχον βλώξαντες Ὑλάτου τε γῆν
Μορφὼ παροικήσουσι τὴν Ζηρυνθίαν.

Seine drei ersten Ktisten sind auch die drei ersten des Herodot, nämlich Teukros (v. 451—

478), Agapenor (v. 479—493) und Akamas (v. 494—585), entsprechend den Salaminiern, Arkadern und Athenern. Der vierte und fünfte aber, Kepheus und Praxandros, ἀνώνυμοι σποραί, wie Lykophron sie nennt, kommen, nach dem Dichter, der eine aus Achaia, der andere aus Lakonien (v. 586—591). Lykophron's Quelle war der Kallimacheer Philostephanos von Kyrene in seinem Werke «Περὶ νήσων». Wenigstens bemerkt Tzetzes zu Lykophron (v. 586): ὁ Κηφεὺς ἐξ Ἀχαίας, ὁ δὲ Πράξανδρος ἐκ Λακεδαιμονίας παρεγένοντο εἰς Κύπρον, ὡς φησι Φιλοστέφανος, woraus folgt, dass jener und kein anderer Autorität für beide Gründungsnachrichten war. Eine dritte Liste der kyprischen Colonieen findet sich in der geographischen Periegese des Strabon und zwar zeigt sich dieselbe mit Philostephanos verwandt, wahrscheinlich durch die Vermittelung des Artemidoros. Hier finden wir den Lakonier Praxandros wieder und erfahren noch dazu, dass seine Gründung die Stadt Lapathos war (Str. XIV. p. 682). Nach den Worten Λακώνων κτίσμα καὶ Πραξάνδρου enthält unser Text eine Lücke, wie schon Engel (I, 80) richtig erkannt hat. Dieselbe reicht bis zu den Worten καθ' ἣν ἡ Νάγιδος, womit die Entfernung eines kyprischen Ortes von dem kilikischen Nagidos angegeben war, und enthielt die Beschreibung der Nordküste zwischen den Vorgebirgen Krommyon und Aphrodision. Gerade hier lag aber Keryneia, und da die andere Gründungsnotiz des Philostephanos über den Achaier Kepheus ebenfalls fehlt, so wird sie in der Lücke ausgefallen sein und sich eben auf Keryneia bezogen haben. Letzteres ist um so wahrscheinlicher, als Κερύνεια auch der Name einer der zwölf Städte von Achaia war. Aus der Gleichnamigkeit hatte Philostephanos eben auf eine Colonie aus Achaia geschlossen und durch seinen höchst unmythologischen Achaier Kepheus den gelehrten Lykophron in nicht geringe Verlegenheit gestürzt. Der neu bestimmte Stadtgründer musste natürlich eine ἀνώνυμος σπορά bleiben. Wenn Philostephanos von ihm behauptet hatte, dass er aus Achaia gekommen sei, wegen der Gleichnamigkeit der Städte, so scheint uns das ein oberflächlicher Schluss. Die alten Historiker betrachteten dergleichen aber im Gegentheil als eines der sichersten Fundamente zum Aufbau ihrer alten Geschichte. Von derselben Grundlage aus hatten unbekannte Forscher bereits früher entdeckt, dass Salamis auf Kypros eine Colonie der gleichnamigen Insel bei Attika war, das Vorgebirge Akamas bei Soloi seinen Namen nur von Akamas dem Sohne des Theseus erhalten haben könne, Soloi also eine athenische Colonie gewesen sein müsse[1]).

Kehren wir zu Herodot zurück, so kannte er ausser einer Colonie von der Insel Kythnos noch eine der Aithiopen. Kaum giebt es in dem Bestande der ältesten griechischen Geschichte eine Nachricht, die wunderlicher klänge, als diese. Verbürgt sie wirklich einen historischen Zusammenhang des hellenischen Eilands mit Centralafrika oder wollte der Urheber jener Nachricht indirekt mit Aithiopen ein anderes historisches Volk bezeichnen, etwa,

1) Soloi von den Athenern Phaleros und Akamas gegründet nach Strab. XIV, 683. Plut. Sol. 26 nennt Demophon, Sohn des Theseus. Zuletzt wird auf Grund derselben Logik Solon zum Gründer von Soloi (Eustath. zu Dion. Per. 875; Steph. Byz. s. v. Suidas s. v. und s. v. Σόλων).

wie man geglaubt hat, die Assyrier oder eine unbekannte autochthone Race? Auf den Siegeslisten Tutmes III wird öfters der König von Asebi genannt, mit Kaftu (Phönizien) zum Westlande gerechnet. Ein Jahrtausend später wird in dem Dekret von Kanopos Asebi zur Bezeichnung von Kypros verwendet[1]). Wenn also Asebi in einem Jahrtausend nicht ähnlich seine Bedeutung verändert haben sollte, wie etwa der Name Hanebu[2]), so hätte ein kyprischer König wiederholt Abgaben in das Nilland gesendet. Combinationslustige Orientalisten haben es für passend erachtet, auch die Aithiopenkolonie in diese Zeit Tutmes III zu verlegen. Der König hätte sich gewissermaassen durch sie für die Geschenke revanchirt. Gegen diesen combinatorischen Einfall lässt sich kaum etwas sagen, da auch nichts dafür anzuführen ist. Wie sollte denn Herodot zur Kenntniss eines Ereignisses gelangt sein, das nicht einmal in den hinsichtlich der auswärtigen Unternehmungen so redseligen Denkmälern Aegyptens verzeichnet war. Aus dem Negertypus gewisser Kyprier kann er doch dergleichen nicht erschlossen haben. Ebensowenig kann man annehmen, dass Herodot, wenn er von Aithiopen spricht, nicht diese, sondern ein beliebiges anderes Volk, Assyrier, Hittiter od. dgl. darunter verstanden hat. So bleibt nichts übrig, als auch hier dieselbe kritische Regel zu befolgen, wie bei den meisten Nachrichten der Alten über ihre älteste Geschichte, d. h. sie auf einen historisirten Mythus zurückzuführen. Ziehen wir die κτίσεις bei Lykophron in Betracht, von denen sich drei bei Herodot wiederfinden, so braucht man nur anzunehmen, dass ihnen noch eine vierte entsprochen hat, nämlich die des Kepheus. Lykophron hielt diesen Ktisten auf die Autorität des Philostephanos hin für einen Achaier. Herodot hatte dagegen noch den aus dem Perseusmythos wohlbekannten Vater der Andromeda und König der Aithiopen im Sinne. Gegeben war offenbar der Name des Kepheus als Gründer von Keryneia. Persönlichkeit und Heimath desselben zu erforschen, blieb dem Scharfsinn der Forscher überlassen, und diese sind zu zwei verschiedenen Resultaten gelangt. Dass Herodot's Aussage so und nicht anders zu erklären ist, ergiebt sich noch aus anderen quellenkritischen Momenten. Herodot's Notizen zur ältesten Geschichte von Kypros, sowohl die über die Herkunft der Kyprier (VII, 90), wie die über die Aphrodite auf Kypros (I, 105), zeichnen sich durch resumirende Knappheit aus. Jeder, der sich in den Character dieses Schriftstellers eingelesen hat, muss zugeben, dass solche Kürze sonst nicht seine Sache ist, sobald es sich um Darlegung eigener Forschung handelt. Allerdings war es sein eigenes Schlussergebniss, dass der Tempel von Askalon das älteste Aphroditenheiligthum sei (I, 105: ἔστι δὲ τοῦτο τὸ ἱρὸν, ὡς ἐγὼ πυνθανόμενος εὑρίσκω, πάντων ἀρχαιότατον ἱρῶν ὅσα ταύτης τῆς θεοῦ). Die Hülfsdaten für diesen Schluss entnahm Herodot dagegen ohne Zweifel einem logographischen Vorgänger. Wahrscheinlich war es Hellanikos, welcher über Kypros geschrieben und, nach Maassgabe eines

1) Ed. Meyer: Gesch. d. Alterth. I, 230. Hr. Dr. O. v. Lemm hatte die Freundlichkeit, mich auf die Bemerkungen von G. Maspéro in d. Zeitschr. f. ägypt. Spr. 1885, S. 6 aufmerksam zu machen, wonach die hieroglyphischen Zeichen, welche bisher Asebi gelesen wurden, in Asi (gleich Asia?) aufzulösen wären.

2) A. Wiedemann: Die ältesten Beziehungen zwischen Aegypten und Griechenland. Leipz. 1883, S. 7 ff.

daraus erhaltenen Fragmentes, auch den Ursprung der kyprischen Städte behandelt hatte. Das Fragment (bei Steph. v. Byzanz s. v. Καρπασία) lautet: Καρπασία πόλις Κύπρου, ἣν Πυγμαλίων ἔκτισεν, ὡς Ἑλλάνικος ἐν τοῖς Κυπριακοῖς. Pygmalion aber galt nach den bei Porphyrios (De abstin. IV, 15) gesammelten Zeugen als Phönizier. Daher nennt auch der Periplus des sogenannten Skylax (p. 41 c. 103) Karpasia, neben Keryneia und Lapathos, eine phönizische Stadt, auf die Autorität des Hellanikos hin, wie Engel (I, 85—86) bereits richtig erkannt hat. Φοινίκων πόλις bei Skylax will nicht sagen, dass zu seiner Zeit, im IV Jahrhundert, Phönizier dort wohnten, sondern bezieht sich auf die Gründung der Stadt durch den Phönizier Pygmalion. Ebenso erläuterte Engel (a. O., S. 78) das Phönizierthum von Lapathos durch den Vers des Alexander von Ephesos:

Βήλου δ' αὖ Κίτιόν τε καὶ ἱμερόεσσα Λάπηθος.

Also auch Lapathos galt dem Skylax als phönizische Stadt nur deswegen, weil ihr Gründer Belos als Vater des Agapenor und phönizischer König bekannt war. Die Analogie lässt vermuthen, dass der Perieget in seiner logographischen Geschichtsquelle auch für Keryneia einen phönizischen Ktisten angegeben fand[1]). Ein solcher wäre Kepheus, insofern er mit seinen Aithiopen in Iope, also an der phönizischen Küste, wohnte. Deswegen bezeichnete man ihn auch als Sohn des Belos (Herod. VII, 61; Apollod. II, 1, 4) oder des Phoinix (Hyg. astr. 2,9). Die Aussage des Hellanikos, die auf Skylax und Herodot übergegangen ist, dürfte also vollständiger gelautet haben, entweder dass Kepheus mit Aithiopen von Phönizien her Keryneia gründete oder mit Aithiopen und Phöniziern.

Die Nachbarstadt von Iope war Askalon. Hieraus floss die Wahrscheinlichkeit — die alten Historiker setzen eine solche bekanntlich ohne Bedenken als historische Thatsache — auch einen Tempel der Aphrodite in Keryneia von dem berühmten askalonischen Tempel abzuleiten. Vielleicht nahm Kepheus in jener kyprischen Stadt die doppelte Stellung eines Gründers der Stadt und des Tempels ein, wie Kinyras in Paphos. Seine Identität mit dem Aithiopenkönig von Iope beruhte offenbar auch nur auf dem Namen. Philostephanos verweigerte ihr bereits die Anerkennung. Wir haben nicht die Aufgabe, weiter hinaufzugehen und uns in die bereits im Alterthum vielberufene Aithiopenfrage zu vertiefen, eines der verwickeltsten Probleme der mythographischen Geschichtsschreibung. Es genüge die Bemerkung, dass Ἰόπη wahrscheinlich von Alters her eine Bezeichnung des mythischen Aithiopenlandes war und an die palästinische Küste erst gerieth, als man dort eine Stadt Iope kennen

1) Die Notiz Φοινίκων πόλις bei Skylax zu Karpasia, Keryneia und Lapathos ist beständig so ausgelegt worden, als ob zur Zeit des Autors im IV Jahrh. diese Städte nicht hellenische, sondern phönizische Einwohner gehabt hätten und erst später hellenisirt worden seien (vgl. noch Busolt: Gr. G. I, 297, Anm. 4). Setzen wir den Fall, die ganze römische Geschichte wäre uns verloren bis auf die Bezeichnung Roms als Ἑλληνὶς πόλις (Heracl. Pont. bei Plut. Cam. 22) oder als πόλις Τυρρηνίς (bei Dionysios Archaeol. I, 29), so würde sich vielleicht auch bei uns die Ueberzeugung bilden, dass Rom im III Jahrh. von Griechen, zur Zeit des Augustus von Etruskern bewohnt gewesen sei.

gelernt hatte. Die «geschichtliche» Nachricht Herodot's möge sich also ähnlichen Fabeleien anreihen, wie die bei Tacitus (Hist. V, 2) vorgetragene origo des jüdischen Volkes von vertriebenen Aithiopen des Kepheus. Eben so passend stellt sie sich in die Gesellschaft des Meerungeheuers, dessen Skelett der Consul M. Aemilius Scaurus im Jahre 60 v. Chr. von Iope nach Rom bringen liess, um es der leichtgläubigen Schaulust der Quiriten preiszugeben (Plin. nat. hist. IX, 4. 11). Die kritische Geschichtsforschung hat ihre Untersuchungen auf andere Fundamente zu gründen, als auf jenes vielberufene Zeugniss Herodot's.

Die Insel Kypros hat mit dem Ursprunge des Aphroditekultes nichts zu thun. Alle Dichter von dem Verfasser des Demodokosgesanges und Hesiod an, alle Geschichtsforscher und Mythologen beginnend von Herodot, sind zwar der Meinung gefolgt, Κύπρις, der alte Beiname der Göttin, beziehe sich auf ihre Herkunft von Kypros oder ihre Geburt daselbst. Wir behaupteten schon oben und wiederholen es jetzt noch nachdrücklicher, dass jene Deutung auf einem Missverständniss beruht, einem der Irrthümer, wie sie auf diesem Gebiete keineswegs selten sind. Wir wiesen bei jener Gelegenheit darauf hin, dass auch die italischen Umbrer eine ihrer Göttinnen als Cupra bezeichneten. Die Göttin Cupra wird bereits von den alten Autoren erwähnt, so bei Strabon (V, p. 241) in der Küstenbeschreibung von Picenum: ἐφεξῆς δὲ τὸ τῆς Κύπρας ἱερόν, Τυρρηνῶν ἵδρυμα καὶ κτίσμα· τὴν δὲ Ἥραν ἐκεῖνοι Κύπραν καλοῦσι, und bei Sil. Ital. (VIII, 434): et quis littoreae fumant altaria Cuprae. Die Alten haben sich trotzdem enthalten, einen urgeschichtlichen Zusammenhang zwischen der italischen Kultstätte und der Insel Kypros zu erfinden. Um so mehr hätten das neuere Forscher, wie z. B. Engel (II, 63), unterlassen sollen. Die Erklärung des Namens erhielt eine entscheidende Wendung durch Th. Mommsen (Unterit. Dialekte S. 350). Das ihm vorliegende Material bestand ausser jenen beiden Stellen der Alten noch aus den beiden picentinischen Ortsnamen Cupra montana und Cupra maritima, einer an letzterem Orte gefundenen Restitutionsurkunde eines Tempels der Dea Cupra (C. I. L. IX, 5924), welcher Tempel offenbar eben der von Strabon und Silius erwähnte war, endlich aus der Dedikation Marti Cyprio einer bei Iguvium gefundenen Inschrift. Das Wort cyprius kam auch in vicus cyprius, dem Namen einer Stadtgegend in Rom vor (Varro L. L. V, 159). Den gemeinsamen Schlüssel zu allen diesen Namen fand Mommsen in folgender Notiz des Varro (a. o. O.): vicus cyprius a cypro, quod ibi Sabini cives additi consederunt, qui a bono omine id appellarunt; nam cyprum Sabine bonum.

Da also cuprum sabinisch gleich bonum sei, meinte Mommsen, so wäre die Dea Cupra eine sabinische Bona Dea. So einleuchtend das scheint und so häufig auch Mommsen's Erklärung, unter anderem von Corssen (Z. f. vgl. Spr. XX, S. 83 ff.) und Jordan (Quaest. Umbricae 1882, p. 14, zu Preller's Röm. Myth. 3. Aufl., I, 280. 398, n. 1) nachgeschrieben worden ist, so beweist sie doch nur, was man übrigens von jeher gewusst hat, dass Varro's Etymologieen mit Vorsicht und Kritik aufzunehmen sind. Wenn «gut» mit latinisirter Endung cuprus, cupra, cuprum hiess, so hätte man Mars und den vicus nicht cuprius, sondern cuprus nennen müssen. Man denke sich nur bonius als Masculinum zu

bona, bonum. Varro darf man billigerweise nicht zur Sünde anrechnen, dass er auf derartige Kleinigkeiten ebenso wenig Acht gab, wie die meisten Etymologen des Alterthums. Wenn cupra der nom. sing. fem. eines Adjectivs wäre, wie sollte man dann cupra montana und cupra maritima übersetzen? Etwa die «Gute in den Bergen gelegene» und «die Gute am Meere»? Es ist klar, dass cuprius als Adjectiv von einem Substantivum abgeleitet ist und dem Sinne der Ableitungssilbe nach die Gemässheit, das Gehören zu etwas, und zwar zu cupra, bezeichnen soll. Varro's Einfall, den vicus cuprius und vicus sceleratus, das gute und böse Stadtviertel, einander gegenüberzusetzen, ist also sprachlich unhaltbar. Einen «bösen» Mars als Gegenstück zu dem sonst unverständlichen «guten Mars» zu beschaffen, bleibt unseren Antiquaren noch als Aufgabe übrig. Mommsen's Voraussetzung war, dass Bona Dea nothwendig die «gute Göttin» heissen müsse, wie auch das Alterthum sich mit dieser nahe liegenden Interpretation begnügte. Fassen wir dagegen Bona zunächst als Eigennamen der Göttin, so begegnet uns der gleiche Namensstamm in den Ortsnamen Bononia, allerdings mit erweitertem Suffix. In einem korinthischen Kulte hiess die Hera Βουναία; eine andere hellenische Göttin, die Ino oder Leukothea, heisst Βύνη (Lykophr. 107. Et. M. s. v.). Sollte also nicht für diese Götternamen ein Stamm *Bov-n*-anzunehmen sein und das ebendahin gehörige Bononia zu Bov-illa, Bovianum, gr. Βουλλίς (in Makedonien), Βουλίς (in Phokis) und Βοιωτία zu ziehen sein? Cornelius Labio (bei Macr. Sat. I, 12, 21) versicherte, eandem esse Bonam Deam et Terram. Da bei Aeschylos noch das alterthümliche Substantiv βοῦνις neben γᾶ oder χθών gebraucht wird, so hätten wir in bovna, bōna das entsprechende italische. Sicher wird man uns zustimmen, dass für die Erdgöttin die Bezeichnung «Erde» passender ist, angemessener, sie Bona Mater zu nennen wie Terra oder Tellus Mater, als sie mit dem höchst unbestimmten Prädikat der «Guten» zu kennzeichnen. Wie die oben angeführten Ortsnamen aus einem Worte dieser Bedeutung fliessen konnten, braucht nicht näher ausgeführt zu werden. Eben so wenig wie Bona Dea, ist auch Cupra Dea die «gute Göttin». Varro muss nur anders verstanden werden. Wenn auch seine Etymologie des vicus cuprius eine falsche ist, so bleibt uns die positive Notiz, dass cuprum Sabine bonum sei. Er sagt nicht, dass cuprus, a, um gleich bonus, a, um ist, sondern bonum ein Gut, eine Besitzung hiess wohl auf sabinisch cuprum. Den befriedigendsten Aufschluss über Cupra als Göttin hat eine 1865 bei Fossato gefundene umbrische Inschrift gegeben. Sie besteht aus der Weihung eines Thongefässes an die Cupra mater und lautet Cubrar matrer bio eso oseto cisterno u. s. w. auf lateinisch Cuprae matrae pium hoc doliolum. Am ausführlichsten hat zuletzt H. Jordan in den Quaestiones Umbricae Ind. Lect. Regimont. 1882—83 darüber gehandelt. Das Weihgefäss stand, wie aus den gefundenen Knochen erkannt wurde, auf einem Begräbnissplatze in einem kleinen Rundtempel. Die runde Form des sacellum entspricht der bei Feronia, Vesta, der Dea Dia, Tellus und Terra Mater gebräuchlichen (Jordan a. O.). Der Fundort weist auf den Character der Göttin als Behüterin der Todten. Nimmt man noch dazu das Prädikat mater, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass diese Cupra mater eine der zahlreichen Formen der die Todten in ihrem Schosse hütenden Erdgöttin war. Wenn also

die Erde cupra hiess, so stünde cuprum Landgut dazu in dem gleichen Verhältnisse wie osk. terum «Grundstück» zu terra, lat. arvum zu dem noch bei Naevius vorkommenden arva Erde. Ohne Schwierigkeit erklärten sich cupra montana und cupra maritima als Berg- und Küstenland. Der vicus cuprius wäre ein «ländlicher Bezirk», Mars cuprius ein chthonischer Mars.

Bei den Griechen findet sich ein ganz analoger Gebrauch. Zunächst deckt sich das Wort Κύπρος mit dem, was es bezeichnet, nämlich ein Land, das einzige Land in dem östlichsten Becken des Mittelmeeres. Κύπρις bezeichnet eine Göttin. In beiden Formen bereitet allerdings das Suffix scheinbare Schwierigkeiten. Da es den Linguisten bis jetzt nicht gelungen ist, die Suffixbildung der Feminina auf -ος aufzuklären, so dürfen auch wir uns keiner vollständigen Lösung vermessen. Indessen entschlagen wir uns nicht folgender Vermuthung. Vergleicht man Ortsnamen wie Κυπαριστία, auch Κυπαρίσσαι in Lakonien und Messenien, Κύπαιρα (für Κυπάρσια) in Thessalien, Κυπαρισσοῦς in Phokis, Κυπαρισσήεις gen. -εντος, die Stadt des Nestor (B 593), mit Κύπρος, so ist es wahrscheinlich, dass die Grundform *Κυπαρς, verdumpft *Κυπορς lautete. In Κυπαριστία u. s. w. ist das tonlose σ orthographisch verdoppelt (vgl. G. Meyer: Gr. Gramm., § 226), während sich zwischen ρ und σ aus dem Stimmton der Liquida oder des Sibilanten ein ι entfaltet hat. So wurde aus *Κύπαρς, mit verschiedenen Suffixen, einerseits Κυπάρσ-ια (Κύπαιρα), andererseits Κυπάρ(ι)σ(σ)-ία, -αι, -οῦς, -εῖς. Aus *Κύπορς wurde durch die «Metathesis» der Liquida Κύπρος, durch die i-vocalische Klangfarbe des ρ (Joh. Schmidt, Vocalismus II, 329 ff.) *Κύπιρς und Κύπρις. Die Flexion Κύπριδος, Κύπριδα (E 458. 883) ist in das Paradigma der Stämme auf ιδ- übergegangen, während ἡ Κύπρος nach ἡ νῆσος deklinirt wurde.

Nach Aristoteles bei Plinius nat. hist. V, 37 wäre Κυπαριστία ein früherer Name der Insel Samos gewesen. Dieser «frühere Name» der Insel, der vielleicht in einem alten Literaturdenkmal vorkam, dürfte weiter nichts als ein veraltetes Appellativwort für «Land» «Eiland» gewesen sein. Dasselbe kehrt bei dem italischen Inselchen Caprasia oder Capraria (für *Caparsia) wieder, ebenso in Capreae, einer griechischen Lehnform mit Schwund des intervokalischen σ. Die Verschiedenheit des Vokals in der ersten Silbe zwischen dem lateinischen und griechischen Worte könnte Bedenken erregen. Wir erklären uns dieselbe durch die velare Aussprache des *K*-Lautes *ku̯*, *q*, durch dessen Nachklang *ku̯ap-* zu *kup-* wurde. Aehnlich wäre z. B. das Verhältniss von κύλιξ zu *calix* oder κύων zu canis[1]). Deshalb haben auch Κύπρος und Κύπρις bei den älteren Dichtern stets ein langes *u*.

Die Vollständigkeit des Nachweises würde verlangen, dass wir eine Etymologie von Κύπρος, *cupra* und Κύπρις bieten. Von der Evidenz derselben würde die volle Einsicht in das Problem abhängen, welches die Alten so vorschnell gelöst haben. Wir wollen eine Vermuthung nicht deshalb unterdrücken, weil sie durch eine bessere ersetzt werden könnte, und die Aufmerksamkeit auf die folgenden Worte lenken: κάπος = ψυχή, πνεῦμα (Hesych.),

1) Brugmann: Gr. Gr., § 35.

καπ-ύω «hauche aus» ἐγ-κάπ-τ-ει gleich ἐκπνεῖ, καπ-νός, κόπ-ρος, skr. *kap-is kap-ilas*, «Weihrauch», lat. *vap-or* (für *cu̯ap-or*) «Dunst, Duft», goth. *hvap-ja*, «ersticken», lit. *kvap-as*, «*vapor*», *kvep-iu*, «hauche, rieche»; slav. *kop-ęt*, «Rauch» und *kop-ru*. Das zu Grunde liegende indogerm. Nomen *ku̯ap-ku̯ep-* muss in der Bedeutung mit ψυχή «Hauch, Seele» zusammengefallen sein. Hiermit verband sich unserer Vermuthung nach ein zweites Wort, welches in der Sanskritwurzel *var* «bedecken, umschliessen, wahren» heisst, und auch in ὄρομαι und ὁράω «wahren, gewahren», lat. *vereor*, ahd. *wara* gleich ὥρα und goth. *vars* «wahrend, hütend» vorliegt. *Ku̯ap-var-s* wäre also etwas, was die Seelen, die Geister der Abgeschiedenen einschliesst, bewahrt. Wenn man den Raum, welchen der Seelenglaube in der Vorstellung aller indogermanischen Völker einnimmt, bedenkt, so wird man zugeben, dass die Erde hiermit in sehr prägnanter Weise bezeichnet werden konnte. Freilich passte das Wort auch auf andere Dinge, etwa z. B. auf den Mond, welcher nach griechischem und deutschem Volksglauben ebenfalls ein Versammlungsort der Seelen der Todten war. Die Wurzel der Homonymität von Κύπρος (Ku̯apvors) und Κύπρις (Ku̯apvirs) ist also hier, in der geheimnissvollen Werkstatt der ältesten griechischen Wortzeugung, zu suchen, nicht in historischen Umständen späterer Jahrhunderte.

In welcher Beziehung der Aphrodite dieser Name beigelegt war, darüber müssen wir uns natürlich jeder Vermuthung enthalten. Aus diesem Grunde wollen wir uns auch nicht auf die merkwürdigen Verse des Sophokles (fr. 678) beziehen:

Ὦ παῖδες, ἥ τοι Κύπρις οὐ Κύπρις μόνον,
ἀλλ' ἐστὶ πολλῶν ὀνομάτων ἐπώνυμος.
ἔστιν μὲν Ἅιδης, ἔστι δ' ἄφθιτος βίος κ. τ. λ.

oder den orphischen Vers heranziehen:

νὺξ πάντων γένεσις, ἣν καὶ Κύπριν καλέσωμεν.

Berufen können wir uns dagegen wohl auf die oben angeführten Fundumstände der umbrischen Dedikationsinschrift an die Cupra mater (für Cupvera mater), aus welchen allein eine Reihe von Gelehrten schloss, diese Göttin müsse als die Hüterin oder Bewahrerin der Todten betrachtet worden sein, eben worauf unsere Etymologie hinausgeht.

Durchaus analog verhält es sich mit Κυθέρεια, dem Beinamen der Aphrodite, zuerst Od. σ 193, dann im Demodokosmythos ϑ 288. Von Hesiod (Theog. 198) an bezog man das Epitheton auf die Insel Kythera (τὰ Κύθηρα) und übersetzte es mit «Kytherische» oder «Kytherierin». Darin lag der Antrieb zur historischen Deutung. Der Dichter der Theogonie legte es von der Geburt der Göttin aus, indem der Schaum, aus welchem sie entstand, nach Kythera getrieben sei. Bei Herodot (I, 105) finden wir die Deutung auf die Geschichte des Kultes. Von der Insel Kythera aus sei sie den Hellenen bekannt geworden, hier zuerst verehrt. In seinem Bestreben, die griechischen Götterkulte aus dem Oriente herzuleiten, behauptete er von dem angeblich ältesten Tempel, er sei von Phöniziern gestiftet worden. Die neueren Forscher haben das nicht nur an sich für sehr glaublich gehalten, sondern, um die Glaubwürdigkeit zu ver-

stärken, angeführt, dass Aphrodite gerade an der gegenüberliegenden Küste Lakoniens zahlreiche Heiligthümer besass. Natürlich sollen dieselben die nächsten Etappen des Einführungsweges darstellen. Hinzugefügt wurde gewöhnlich als weiterer Beweis, dass die Aphrodite auf Kythera bewaffnet dargestellt wurde (Paus. III, 23. 1), gleiches sich aber auch in Lakonien z. B. in Sparta (C. I. G. I, 1444: Μοιρῶν καὶ Ἀφροδίτης ἐνοπλίου. Paus. III, 15, 10) vorfinde. Noch fehlte das phönizische Vorbild. Movers[1]) beseitigte diesen Mangel ohne grosse Mühe dadurch, dass er eine bisher unbekannte keusche Waffenjungfrau Astarte erfand, eine Copie der griechischen Pallas Athene. Sieht man von solchen Phantasieen ab, so beweisen die erwähnten Argumente für das Eindringen der «Kytherierin» nach Lakonien entweder nichts oder das Gegentheil. Da Aphrodite zu den vornehmsten Landesgottheiten Lakoniens gehörte, so erklärt sich ihre Verehrung auf einer Insel, welche selbst bloss ein Anhängsel zu jener Landschaft bildet, ganz von selbst. Das bewaffnete Bild der Aphrodite braucht keine Erfindung der Kytherier zu sein, da dieselbe Bildung nicht bloss in Sparta, sondern z. B. auch in Korinth und anderswo vorkommt. Ausserdem ist es bekannt, dass gerade in Lakonien noch eine Reihe anderer Götter, wie z. B. Apollon, Artemis, Herakles, bewaffnet dargestellt wurden, bei welchen anderswo dieser Typus unbekannt ist. Den Grund mag man in der kriegerischen Anlage der Spartaner oder anderswo suchen. Einem vorurtheilsfreien Blick kann es also nach alledem nicht schwer fallen, den Aphroditekult von Kythera in das richtige Verhältniss zu dem des Festlandes zu setzen. Ursprünglich nichts als ein lakonischer Lokaldienst, wird er aus seinem Dunkel herausgerissen durch den falschen Ruhm eines auf ihn bezogenen homerischen Epithetons.

Aristoteles bei Steph. Byz. s. v. Κύθηρα giebt an, Kythera sei in alten Zeiten Πορφυροῦσσα genannt worden, und die reichen Ablagerungen von Purpurschneckenmuscheln auf der Insel und rings um den lakonischen Golf bestätigen den Ruhm des lakonischen Purpurs[2]). Es könnte also im Interesse der phönizischen Purpurfärber gelegen haben, diese Schätze nach Möglichkeit auszubeuten. Eine regelrechte Besiedelung von Kythera durch die Phönizier folgt natürlich daraus noch nicht, noch weniger aber die Nothwendigkeit, einen Astartetempel hinzubauen. Herodot nahm freilich beide Thatsachen als sicher an, nur fragt es sich, aus welchen Quellen er zur Kenntniss so alter Thatsachen gelangt sein konnte. Die Gründungsnachrichten der Griechen nennen stets einen bestimmten Ktisten, dessen Angabe man bei Herodot vermisst. Wer war der phönizische κτίστης von Kythera? Die Antwort finden wir im geographischen Lexikon des Stephanos von Byzanz, welches zahlreiche Auszüge aus den Logographen, namentlich aber aus Hekataios, einem Vorgänger und Quellenschriftsteller des Herodot, enthält; dort heisst es s. v.: Κύθηρα· νῆσος πόλιν ὁμώνυμον ἔχουσα πρὸς τῇ Κρήτῃ, ἀπὸ Κυθήρου τοῦ Φοίνικος. Unserer Ueberzeugung nach stammt aus dieser Notiz

1) Die Phönizier I, 603 ff. Hiergegen haben bereits protestirt: Winer Bibl. Realwörterb. I, 94. 109; Schlottmann in Riemer's Handwörterb. d. bibl. Alterth. I, 113; W. W. v. Baudissin in Herzog-Plitt's Realencycl. I, 724.

2) B. Büchsenschütz: Die Hauptstätten des Gewerbefleisses im klassischen Alterthume, Leipz. 1869, S. 86.

auch die Deduktion Herodot's. Wie wenig zuverlässig aber eine solche Vermischung genealogischer mit ethnographischen Daten ist, haben wir bereits wiederholt zu erörtern Gelegenheit gehabt, als wir die falsche Interpretation des Heroennamen Φοῖνιξ berührten.

Κυθέρεια von τὰ Κύθηρα abzuleiten, ist schon aus einem lautlichen Grunde unstatthaft, nämlich wegen der verschiedenen Quantität der zweiten Silbe. Das Adjectiv zu Κύθηρα lautet bei Homer selbst (Κ 268, Ο 431) Κυθήριος. Erst bei den attischen Historikern erscheint als Ethnikon Κυθέριος und mag, da noch Dionys. Halic. de Thuc. 14 als dorische Form τὰ Κύθᾱρα bietet, erst nach der irrthümlichen Analogie des Götternamens gebildet sein. Trotzdem stehen sich die Worte so nahe, dass ein lautlicher und begrifflicher Zusammenhang wohl anzunehmen ist. Die unterscheidende Länge in Κύθηρα Κύθᾱρα und Κύθηρος, dem Namen des attischen Demos sowie eines elischen Flusses, kann auf die sogenannte Ersatzdehnung zurückgehen. Die gemeinsame Grundform der geographischen und des Götternamens lautete also etwa Κυθαρσ- oder Κυθερσ-, woraus mit Svarabakhtivokal *Κυθερεσ-ια, Κυθέρεια. Die gemeinsame Sinnbedeutung ausfindig zu machen, dürfte nicht leicht sein. Die Alten suchten unter Anderem das Wort mit κεύθω zu verknüpfen. Von neueren Etymologen stellt Leo Meyer[1]) Κυθέρεια zu skr. *çudh.* (*çuadh*) «hell sein, rein sein, leuchten» und zu καθαρός, καθαίρω, κάθαρσις. Die Ortsnamen schicken sich freilich schlecht zu dem Begriffe des Leuchtens oder Reinseins. Wie es sich also auch mit der Etymologie von Κύθηρα und Κυθέρεια verhalten mag, so liegen unseres Erachtens genug Gründe vor, um eine Ableitung aus dem Semitischen unnütz und unstatthaft erscheinen zu lassen. Der historische Zusammenhang der Insel und ihres Aphroditekultes mit dem Semitismus, insbesondere mit einer hypothetischen Colonie der Phönizier, beruht ausserdem auf zu schwachen Gründen, um Folgerungen für die Geschichte des Aphroditekultus zu erlauben.

Unsere Betrachtung der alten Namen Κύπρις und Κυθέρεια führt uns natürlich auch auf den vornehmsten Namen der Göttin Ἀφροδίτη. Wäre Aphrodite eine semitische Gottheit, so dürfte man zu allererst erwarten, eine Spur dieses Ursprunges an ihrem Namen wiederzufinden. Unter den uns bekannten Fremdgottheiten beider klassischen Völker giebt es kaum eine, die man nicht zugleich mit ihrem ausländischen Namen aufgenommen hätte. An semitischen Etymologieen für Ἀφροδίτη hat es deswegen auch nicht gefehlt[2]). Entweder hat man versucht, die Wurzel פָּרָה zu verwerthen, mit der Bedeutung der Fruchtbarkeit, oder man ist darauf verfallen, Ἀφροδίτη zu אַפְרוֹדֶת «die Taube» zu halten, weil dieser Vogel sowohl der griechischen Göttin heilig war[3]), als auch im Kulte gewisser vorderasiatischen Göttinnen vor-

1) Bemerkungen zur ältesten Geschichte der griechischen Mythologie. Göttingen 1857, S. 37.

2) Die semitischen Etymologien von Ἀφροδίτη finden sich bei K. Tümpel: Ares und Aphrodite, S. 680 aufgezählt.

3) Seit wann, an welchen Orten und aus welchen Gründen die Taube der Aphrodite geheiligt war, darüber fehlt es noch an einer geordneten Untersuchung. Verwerflich ist der Trieb der Archäologen, jedes der in griechischen Gräbern nicht selten gefundenen primitiven Bildchen, welches ein weibliches Wesen mit einer Taube darstellt, ohne weiteres für ein Idol der Aphrodite oder gar der Astarte zu erklären. Die Grabsymbolik der Alten ist uns noch viel zu dunkel, als dass wir berechtigt

kam. Falls nun aber auch die Taube, was nicht der Fall ist, als Symbol im Aphroditedienste eine so ausschliessliche oder überwiegende Rolle spielte, so ist dadurch nicht gegeben, dass man die Göttin selbst mit ihrem Vogel identificirte. Bewiese das nicht eine Art von Thierdienst, welcher sowohl den Semiten als erst recht den Griechen durchaus fremd ist. Die semitischen Etyma kommen ausserdem über eine gewisse Lautähnlichkeit nicht hinaus und widerstreben einer lautgesetzlichen Behandlung. Diese Mängel haben F. Hommel veranlasst, den gordischen Knoten zu durchhauen und direkt auf den Namen der Ashtoreth loszugehen. In einem Aufsatze, welchen der genannte gelehrte Erforscher der semitischen Sprachen in den N. Jahrbüchern f. class. Phil. (1882, S. 176) dem Publikum preisgab, hielt

---

wären, sie nach den landläufigen Daten mythologischer Handbücher zu deuten. Nicht weniger dunkel ist uns die Genesis der gewöhnlichsten Götterattribute. Was die Taube anbetrifft, so knüpft sich an diesen Vogel bekanntlich noch heute bei den europäischen Völkern mancher Aberglaube (vgl. A. di Gubernatis: Zoological Mythology II, S. 296 ff.). Selbst die altaischen Heidenvölker nennen sie den «Gottesvogel». Wahrscheinlich liegen hier Vorstellungen des alten Seelenglaubens zu Grunde, an derer Stelle das Christenthum freilich die Beziehung auf den heiligen Geist gesetzt hat. Bei den alten Indern galt die Taube als Botin der Todesgöttin Niritih und des unterweltlichen Herrschers Yamas (vgl. die Exorcisirung der Taube im Hymn. 165 des Rig-Veda B. X). Ueber die Taube als Leichen- oder Todtenvogel bei den Europäern hat J. Grimm ausser in der Deutschen Mythologie (Vierte Aufl. S. 690, Nachtr. S. 246) noch in den Kl. Schrift. (V, S. 447) gehandelt. Er führte aus, dass nach «uraltem Glauben vieler Völker die Seele als Vogel, zumal als Taube, aus dem sterbenden Leibe entfliegt». Hier wies er auch auf die von Paulus Diaconus (5, 34) berichtete langobardische Sitte hin, auf den Kirchhöfen für im Kriege oder in der Fremde gefallene Blutsverwandte Stangen mit hölzernen Tauben zu errichten, welche Kopf und Schnabel nach der Gegend richteten, wo der Todte gefallen war. Beiläufig bemerkt, erinnert das an die Sitte, Tauben auf Grabsteinen abzubilden, die in verschiedenen Gegenden Europa's noch heute wiederkehrt. Die Langobarden wünschten offenbar, die in der Fremde weilenden Seelen heimzulocken, indem sie ihnen zu Hause einen Seelensitz, ein «Totem» nach indianischer Terminologie, hinstellten. Die Seelen zu beruhigen (ἱλάσκεσθαι), sie dauernd in das Grab zu bannen und zu fesseln, ist sicher auch der Grundgedanke der hellenischen Grabsymbolik gewesen. Wenn also bei jenen Grabfigürchen, ebenso wie bei den bisweilen vorkommenden einzelnen Tauben aus Terracotta, der Vogel ein Symbol der Seele war, so stellte die weibliche Gestalt, in deren Arm oder Hand die Taube sich befindet, eine mit der Hütung der Seelen besonders betraute Göttin dar. Einen merkwürdigen Hinweis auf die Existenz solcher Vorstellungen bei den Griechen liefert Aelian's Bemerkung über die Turteltauben (τρυγόνες) in der Thiergesch. X, 33: λέγουσι δὲ αὐτοὶ ἱερὰς εἶναι Ἀφροδίτης τε καὶ Δήμητρος καὶ Μοιρῶν καὶ Ἐριννύων αὐτάς. Also der Demeter, welcher die Attiker und andere Hellenen ganz speciell ihre Todten zum Schutze anempfahlen, den mit Tod und Schicksal so eng verbundenen Moiren und Erinnyen gehörte die Taube nicht minder an, als der Aphrodite. Schon hierdurch wird es höchst zweifelhaft, ob die gewöhnliche Meinung, der Taube als Attribut der Aphrodite liege die schmachtende Liebesbedürftigkeit jenes Vogels (schon Apollodor bei Schol. Apollon. Rhod. III, 541: παρὰ τὸ περισσῶς ἐρᾶν) zu Grunde, überhaupt aufrecht zu halten ist. Wir haben uns oben im Texte erlaubt, die Namen Κύπρις und Ἀέρεια bei der Aphrodite als «Hüterin der Seelen» zu deuten und berufen uns für diese Vorstellung auf eine Angabe Plutarch's. Zu Delphi, sagt er, gab es ein Bild der Aphrodite Ἐπιτυμβία, bei welchem man die Hingeschiedenen zum Empfang der Todtenspenden herbei zu rufen pflegte (Qu. Rom. 23: πρὸς ὃ τοὺς κατοιχομένους ἐπὶ τὰς χοὰς ἀνακαλοῦνται). Auch die Ἀφροδίτη Τυμβώρυχος (Clem. Alex. Protr., p. 33 Pott.) scheint hierher zu gehören, trotz Welcker's Auslegung (Gr. G. II, 715). Wir übergehen hier die von Ael. (Hist. Anim. IV, 2) geschilderten Καταγώγια der erycinischen Aphrodite, welche nach neuntägiger Abwesenheit (in der Unterwelt?) von Tauben begleitet heimkehrt. Ob also die Göttin mit der Taube in griechischen Gräbern eine Aphrodite oder eine andere Göttin ist, muss jedesmal dahingestellt bleiben. Vollends unberechtigt ist es, aus jener Gattung von Thonstatuetten einen archäologischen Commentar zur Einwanderung der Aphrodite aus Asien nach Hellas zu construiren, wie es nach mehreren Vorgängern neuerdings Furtwängler in der kunstmythologischen Skizze bei Roscher: Vollst. Lex. der Myth. S. 408 ff. versucht hat.

er es für gut, ungesucht von einer südarabischen Lauterscheinung auszugehen. Die Himarithen, sagte er, hätten das *sh* wie englisches *th* und griechisches ϑ ausgesprochen. Als die Phönizier ihre Ashtoreth den Hellenen übergaben, gestatteten sie sich also, wie Hommel meinen muss, das Vergnügen, sich der südarabischen Aussprache zu bedienen. Einfacher wäre die Annahme, dass die bisweilen recht flüchtigen Hellenen sich in der Eile verhörten. Genug in ihrem Ohre haftete Ashtoreth als Aϑtoreth und hieraus machten sie Aφtoreth, was ja, wie Hommel anführt, z. B. auch im russischen Feodor aus Theodor der Fall ist. Durch Metathesis entstand Aφroteth und ohne weitere Metathesis Ἀφροδίτη. Man wird uns zugeben, dass mit diesem etymologischen Kunststückchen Hommel's die Ableitung von Ἀφροδίτη aus dem Semitischen befriedigend ad absurdum geführt wird.

Der Name Ἀφροδίτα ist also noch unerklärt. Die alte hesiodische Deutung von ἀφρός und δῖνεσθαι, die «aus dem Schaume tauchte», ist unmöglich. Leo Meyer[1]) betrachtet nicht sehr glücklich -ιτα als Suffix, ἀφροδ- dagegen als Repräsentant von skr. *bhrâj* «leuchten, glänzen», mit Vocalvortritt wie z. B. in ὀφρύς = skr. *bhrû*. Die Schwierigkeit liegt wohl zunächst darin, dass der Name nicht ganz in seiner ursprünglichen Form erhalten ist, sondern irgend eine Lautveränderung erlitten hat. Eine kretische Inschrift (Cauer: Delectus², № 121., Z. 26) bietet Ἀφορδίτα, was möglicherweise, wenigstens nach den Regeln der griechischen Metathesis, älter ist als Ἀφροδίτα[2]). Wir betrachten das Wort jedenfalls als Compositum ἀφροδῖτη, und zwar stellen wir zunächst den zweiten Theil zu skr. *diti* «Schein, Glanz», *thiti* «Tag», *titha* «Feuer, Gluth», lat. *titio* «Feuerbrand», τῑτώ «der Tag und Τιτάν» «der Sonnengott». Mit diesen, in Bezug auf die Gestalt der Dentallaute mannigfach variirten und dissimilirten Substantiven verwandt sind die deutschen Verba goth. *tandjan* «anzünden» und mhd. *zinden* «brennen, zünden», ein goth. **tindjan* voraussetzend. Vielleicht ist auch lat. *tundere* «schlagen» aus der Bedeutung «Feuer schlagen», «feuern» verallgemeinert. Von diesem alten indogerm. Verbum *tud* oder *dut* wäre δῖτα für *δῑντα ein weibliches nom. agentis «die Zünderin». Auf einen Feuerkult der Aphrodite, ähnlich dem römischen Vestadienste[3]), weist die Angabe des Tacitus (Hist. II, 3) in der Beschreibung des paphischen Tempels hin: sanguinem arae of-

1) Bemerkungen u. s. w. S. 36.

2) J. Siegismund: Quaestionum de metathesi Graeca capita duo in Curtius: Stud. z. Griech. u. Lat. Gramm. V, 185. 186. Zu bemerken ist übrigens, dass jene Inschrift erst aus der zweiten Hälfte des III Jahrh. stammt und gleich alte Inschriften der Kreter Ἀφροδίτα bieten. Immerhin kann Ἀφροδίτα sekundärer Rückfall in die ursprüngliche Form sein.

3) Nachdem obiger Vergleich im Texte niedergeschrieben war, bemerkten wir nachträglich die Stelle bei Augustin (Civ. D. IV, 10, p. 140 Dombart): Quis enim ferat, quod cum tantum honoris et quasi castitatis igni tribuerint aliquando, Vestam non erubescunt etiam Venerem dicere. Si enim Vesta Venus est etc. Die Aphroditefeste fallen vorzugsweise in das Frühjahr (K. F. Hermann: Gottesdienstl. Alterth. S. 52. 60). Dürfen wir ἀφροδίτη für eine Bezeichnung des Frühlings selbst nehmen auf Grund von Clem. Alex. Strom. V, 8, 49, p. 676 Pott. Ἀφροδίτην δὲ τὸν καιρὸν καϑ' ὃν δεῖ σπείρειν λέγεσθαι παρὰ τῷ ϑεολόγῳ? Einen Theil der Wahrheit treffen wohl M. Müller (Vorles. über d. Wissensch. d. Spr. II, 405) und Leo Meyer (Bemerkungen u. s. w. S. 36,), wenn sie Aphrodite für eine Göttin der Morgenröthe halten. Jedenfalls war ihr der Morgenstern heilig. Aus diesen Beziehungen blickt der Begriff einer alten Feuergöttin durch, welcher vielleicht das Anzünden der Himmelsfeuer angewiesen war. In der spätesten Vorstellung ist sie freilich auf die Entzündung des Liebesfeuers beschränkt.

fundere vetitum; precibus et igne puro altaria adolentur, nec ullis imbribus quamquam in aperto madescunt[1]). Eine Feueranzünderin scheinen auch die Römer als Göttin besessen zu haben. Wir meinen ausser der Dea Candelifera die Dea Pertunda, von der etymologischen Afterweisheit der Indigitamente freilich zu einer Göttin entstellt, quae praesto est virginalem scrobem effodientibus maritis (August. C. D. VI, 9). Vielmehr hängt das Wort zusammen mit einem aus dem Appellativgebrauch durch *ignis* verdrängten Vertreter von umbr. *pir* gr. πῦρ, ahd. *fiur*, *fuir* u. s. w. Ebenso falsch indigitirt ist die Dea Perfica, nicht von *perficere*, sondern von *per* «Feuer» und *facere* abzuleiten.

Mit Ἀφροδίτη ist seit Scaliger ein italischer Göttername verglichen worden, die römische Frutis, ein Beiname der Venus. Der Gedanke Scaligers, dass Frutis aus Ἀφροδίτη verdorben sei, dürfte trotz Prellers (R. M. I, 437) Billigung kaum mehr einen Anhänger finden, da man eine zu grosse Häufung lautlicher Abnormitäten voraussetzen müsste. Wie erklärte sich der Fortfall des anlautenden α, von der Vertretung des δ durch *t* und dem Vokalwechsel zu schweigen? Näher liegt es, die Fūtris einer oskischen Inschrift zu vergleichen. Nur die Idee, Frutis von *frutex* abzuleiten, dürfte Mommsen (Unterit. Dial., S. 310) Corssen (Ausspr. 2 Aufl. II, 206) und H. Jordan (Prell. R. M., a. O.) davon abgeführt haben. Die Conception einer Busch- oder Strauchvenus schickt sich wohl kaum zu den Götterideen der Italiker. Ausserdem könnte eine Ableitung von *frutex*, gen. *fruticis* doch unmöglich *frutis* ergeben. Endlich ist *frutex* offenbar selbst kein einfaches Stammwort, sondern wahrscheinlich verwandt mit *frux* und *fructus*, etwa gleich *fructi-tex*, von *tegere*, also «das Früchte deckende Gebüsch». Statt also dieser unglücklichen Etymologie zu folgen, ziehen wir die nahe liegende Annahme vor, dass Furtis sowohl als Futris durch Liquidametathesis (vgl. Stolz u. Schmalz: Lat. Gr., § 19) aus *Furtis entstanden ist. Da die Verwechselung von *u* und *o*, namentlich im archaischen Latein, eine sehr gewöhnliche ist[2]), so stände kaum etwas im Wege, auch die altrömische Fors (Fortis) Fortuna hierherzuziehen. Wenn es uns demnach um so unwahrscheinlicher vorkommt, dass Frutis aus dem entlehnten Ἀφροδίτη verdorben ist, so halten wir eine ursprüngliche Verwandtschaft beider Namen für wahrscheinlich. *Fortis, jene Grundform, halten wir durch den gleichen Dissimilationsprocess aus *Fortitis entstanden, vermöge dessen auch sonst im Lateinischen von zwei mit t anlautenden und auf einander folgenden Silben die erste ausgestossen wurde, wie z. B. *debilitare* aus *debilitatare*, *quotus* und *totus* aus *quotitus* und *totitus*, *dentio* aus *dentitio*, *portorium* aus *portitorium* verkürzt sind[3]). Wir trennen dieses For-titis und stellen titis zu *titio* und seiner Sippe, zu der, wie wir oben behaupteten, auch δίτα in Ἀ-φρο-δίτα Ἀ-φορ-δίτα gehört. Falls diese Zusammenstellung von Ἀφροδίτη, *Fortitis, Frutis, Futris und Fors (*Fortis) richtig ist, so dürfen wir noch um einen Schritt weiter gehen. Die altrömische

1) Dasselbe berichtet Plin. (Nat. hist. II, 97), vgl. Servius (ad Aen: I, 415): Varro et plures referunt in hoc tantum Veneris templo, quibusvis maximis iú circuitu pluviis, nunquam impluere; ähnlich Aug. (Civ. D. 21, 6), ein guter Varrokenner. Hiernach scheint es, dass Varro die Quelle des Tacitus für seine Periegese von Paphos war.

2) Stolz u. Schmalz: Latein. Gramm., § 21, 5.

3) A. a. O.: § 69.

Fortuna, welche unter Anderem Fors (*Fortis) hiess, führte nach einer allerdings nicht zweifellosen Lesart bei Plin. (H. N. XXXVI, 163) den Beinamen Se(v)ia, als selbstständiger Name einer zu einem Dreiverein gehörenden Göttin von Plin. (H. N. XVIII, 8) bezeugt. Augustinus (Civ. D. IV, 21) nennt nun unter den Gottheiten der Indigitamenta eine Fructiseia, die er, und mit ihm alle modernen Gelehrten, von *fructus* und *sero, sēvi* ableiten. Wir schlagen vielmehr vor, die Fructise(v)ia für eine Fructis oder *Furctis Se(v)ia zu halten. Hierdurch gewännen wir das Recht zur Vermuthung, dass auch in *Fortis ein inlautendes *c* verdrängt worden ist, wie in dem Adjectiv *fortis* für *forctis, forctus*. Freilich müsste dann auch Ἀφροδίτη aus Ἀ-φορκ-δίτη erleichtert sein und wir gelangten dazu nicht, wie L. Meyer wollte, skr. *bhrâj*, sondern *bhraç, bhraçate* «blinken, flimmern», φορκός «weiss, leuchtend», goth. *brahva* «Blinken», *bairhtas* «hell», mhd. *brehen* «glänzen» als verwandt hierherzuziehen. Das anlautende α muss aus Vokalentfaltung entstanden sein, wie das «prothetische» α von ἀ-φλοισμός neben φλοῖσβος, ἄ-φλαστον neben *fastigium*, vgl. ὀ-φρύς neben skr. *bhrû* u. s. w. Ob dieses α aus volksetymologischer Anlehnung an ἀφρός entstanden, oder vielleicht der lautgesetzliche Ueberrest eines Nasalsonanten ist[1]), muss dahingestellt bleiben.

Sollte man der vorgeschlagenen Etymologie von Ἀφροδίτη auch die lautliche Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit zuerkennen, so könnte ein Protest von Seiten der Mythologen erfolgen. Wie sollte Aphrodite eine Feueranzünderin genannt sein, da sie doch nach der gültigen Vorstellung höchstens nur das Feuer der Liebe entzündete. Der Einwand ist ganz berechtigt, wenn das Verständniss der griechischen Religion, wie etwa L. Friedländer und seine Schule verlangt, aus der Reproduktion der griechischen Dichter von Homer ab und der übrigen Autorenstellen gewonnen werden könnte. Diese reproducirende Methode, die geneigt ist, sich für die verkörperte Wissenschaftlichkeit auszugeben, muss zum resignirten Geständniss gelangen, dass ihre eigentliche Aufgabe eine unlösbare ist. In der That ist die griechische «Mythologie», die sich das Ziel steckt, die Göttervorstellungen in ihrer historischen Entwickelung aus den Mythen darzustellen, eine hoffnungslose Disciplin, eine wahrhafte Danaidenarbeit. So sehr viel Ursprüngliches im Homer sowohl als in der übrigen poetischen und mythographischen Ueberlieferung geborgen ist, so muss ein Blinder die umbildende Wirksamkeit zweier mächtiger Faktoren erkennen. Einmal sind die Mythen von ihrem ursprünglichen Boden, dem Kulte der Götter und Heroen, zu dem sie einst in enger Beziehung standen, losgerissen worden, indem sie zum freien Object der dichtenden und bildenden Künste wurden. Dann aber tritt uns, was im Zusammenhang mit jenem Momente steht, in unzähligen Zügen die Vermenschlichung der alten Götter und Heroen und ihrer Thaten entgegen. Das Interesse an der Göttersage, dem sich ein geschichtsloses Naturvolk mit einem ausschliesslichen Eifer hingegeben hat, weil sie für dasselbe den Inbegriff aller Wissenschaft bedeutete, sein ganzes geistiges Leben ausmachte, versiegt, und die alten überlieferten Er-

1) Brugmann: Gr. Gr., § 21, 1, vgl. übrigens den Namen der Aphrodite in Megara Πρᾶξις (Paus. I, 43, 6), den spartanischen Personennamen Πραξίτας und die Heroine Πραξιθέα (für Παρκ-τίθια?).

zählungen rücken an die Stelle der fehlenden Landesgeschichte. Die Geschichte der Heroen, d. h. der mythischen Ahnenväter des Volkes, unterschied sich ursprünglich nicht von der Göttergeschichte, insofern beide aus der Phantasie entsprungen waren, erdichtete Wirklichkeit aber der historischen gleichstand. Sobald das kritische Bewusstsein erwacht war, und wir müssen selbst schon Homer ein solches zuschreiben, bestrebte man sich, die Heroengeschichte der historischen Realität anzupassen, während die Göttermythen theils ebenfalls in der durch Euhemeros sprichwörtlich gewordenen Richtung rationalisirt wurden, theils aber der theologischen Speculation und Systematisirung unterlagen. So entfernten sich die Mythen unter den Händen und im Munde zahlloser Generationen von ihrer ursprünglichen Gestalt, parallel mit dem Verblassen der alten Religionsmeinungen. Den grössten selbstständigen Einfluss gewannen die Dichter, welche nie für blosses Unterhaltungsbedürfniss sorgten, sondern die Historiker und zugleich die Theologen des Volkes waren. Weit abwärts, in getrennten Bahnen bewegte sich ein im Laufe von Jahrtausenden unentwegter Kultus, dessen Symbolik wie in allen Religionen längst dem Verständnisse entschwunden war. Wer in diesen scheinbar sinnlosen Ceremonieen die innewohnenden, ursprünglich gewiss durchaus logischen Ideeen wiederentdecken könnte, der wäre im Stande, die griechische Religion in einem älteren Zustande, wie sie vielleicht Jahrtausende vor dem Zeitalter Homer's aussah, darzustellen. Ihm würde es wahrscheinlich auch gelingen, den verborgenen Sinn der Mythen, soweit von einem Sinne überhaupt die Rede sein kann, zu entdecken. Zu den ältesten Denkmälern gehören aber auch die zahllosen Namen der Götter und Heroen, die uns und bereits den Hellenen im epischen Zeitalter unverständlich waren, weil sie fossile Ueberreste einer uralten Periode der Religion und zugleich der Sprache sind.

Auf allen drei Quellengebieten, dem Kulte, den Mythen und der Namengebung, tritt uns der in der classischen Literatur massenhaft überlieferte Stoff als Chaos entgegen, an welchem indessen ein in wissenschaftlicher Analyse und Synthese geübtes Auge bald unzählige Linien wahrnehmen wird, welche einander auf Schritt und Tritt theils fortsetzen, theils berühren. Verfolgt man diese Linien aufwärts zu ihren Endpunkten, so erscheinen sie allenthalben plötzlich abgeschnitten. Hier muss die hypothetische Divination in Wirksamkeit treten, nicht die sich dieses Namens rühmende willkürliche Meinungssucht, sondern die das Object in seinen fehlenden Theilen aus ihm selbst ergänzende Vermuthung. Sie hat das Recht, über die Grenzen der historischen Ueberlieferung hinaus jene Linien, von denen wir redeten, fortzuzeichnen, bis dahin, wo sie in einem Brennpunkte zusammenlaufen.

Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, das Wesen der Aphrodite erschöpfend zu behandeln, um so mehr als berufene Forscher sich wiederholt dieser Aufgabe unterzogen haben. Wir müssen uns begnügen, nur einige Hauptgesichtspunkte zu berühren, insofern wir aus ihnen die Ueberzeugung schöpfen können, dass die Vorstellung von dieser Göttin vollkommen den Ideeen der hellenischen Religion entspricht. Wollten wir uns nur an die Vorstellung der Dichter und die, von den Dichtern so sehr beeinflusste, allgemeine Meinung der historischen Jahrhunderte halten, so müssten wir Aphrodite als eine Göttin definiren, der man die

Erzeugung und den Schutz der geschlechtlichen Liebe zuschrieb. Die Auffassung der Liebe war in der vor unseren Augen liegenden Kulturperiode der Hellenen natürlich eine sehr verschiedene. Die zunehmende Verfeinerung der Sitten, in Bezug auf das Verhältniss der Geschlechter, theilte sich auch der Liebesgöttin mit. Selbst an der mehr oder weniger raffinirten Unzucht des sinkenden Zeitalters von Hellas musste sie naturgemäss theilnehmen. Anders war es in Zeiten, wo noch unverdorbene, wenngleich rohere Sitten in Haus und Familie herrschten. Nicht die blosse Liebe und die Sehnsucht der Geschlechter zu einander, sondern das Ziel dessen, wie es in der Odyssee (υ 74) so schön genannt wird, τέλος θαλεροῖο γάμοιο ist ihr eigentliches Gebiet. Wenn wir ferner sehen, dass in alten Kulten, wie z. B. in Sparta der Ἀφροδίτη Ἥρα (Paus. III, 13,9), in Hermione (Paus. II, 34,12), Naupaktos (Paus. X, 38,12) und an vielen anderen Orten Jungfrauen und Wittwen, die sich verheirathen wollten, oder die Mütter der Braut vor der Hochzeit Aphrodite zu opfern verpflichtet waren, so finden wir darin bestätigt, dass ihrer Gunst speciell Hochzeit und Ehe anempfohlen wurde. Diese Hochzeitsopfer haben wir bereits im Verlaufe unserer Betrachtungen mit der Hochzeitssitte verglichen, dass die Bräute vor der Hochzeit von ihren Haaren opferten. Denkt man daran, dass bei den verschiedensten Völkern Ehefrauen verpflichtet sind, sich die Haare zu scheeren, so dürfte eine symbolische Beziehung auf das Wachsthum in der Ehe, den Kindersegen, deutlich genug sichtbar sein. Noch deutlicher spricht sich das in den kleinen Figuren, puppae, aus, welche die jungen Römerinnen, wenn sie heirathen wollten, der Venus weihten. Ein griechischer Dichter (Eurip. Hippol. 447) konnte von der Aphrodite zusammenfassend sagen, dass alles durch sie entsteht, sie es sei, welche säet und Liebe eingiebt. Die Dichter nennen sie häufig εὔκαρπος. Aphrodite war also ein weiblicher Geist, von dessen Gunst die eheliche Fruchtbarkeit abhing.

Die eben berührte Funktion der Aphrodite ist zwar weitaus überwiegend betont und ausgebildet worden. Wir sahen aber, dass sich im Kulte und in den Namen Κύπρις und Ἥρα oder Ἀερία noch eine andere Beziehung erhalten hat. Die Göttin erscheint hier als die Bewahrerin, die Hüterin der Seelen, namentlich der Todten. Um also der ursprünglichen Conception gerecht zu werden, müssen wir voraussetzen, dass Aphrodite nach dem Glauben der ältesten Griechen sowohl die Seelen, welche das Leben verlassen, zu sich nahm, als auch sie als Kinder wieder zurücksandte. Genau dieselbe Doppelrolle finden wir bei den stammverwandten Italikern an der Venus wieder, ein sicherer Gegenbeweis gegen den phönizischen Ursprung der griechischen Göttin. Die Venus entspricht nicht bloss der Aphrodite als «Liebesgöttin», sondern sie spielt, unter dem Beinamen Libitina, eine noch bedeutendere Rolle als Göttin des Todes und der Verstorbenen. Die Frage, wie eine solche Doppelvorstellung entstehen konnte, beantwortete Plutarch (Qu. Rom., 23) durch die Erinnerung, dass alles Vergängliche neues Leben erzeuge. Mit einer ähnlichen Phrase begnügt sich auch Preller (R. Myth. I, S. 440): «eine ahndungsreiche Zusammenfassung des Gedankens an den Tod und an schwellendes Leben». Religionen entstehen nicht aus allgemeinen, verschwommenen Maximen. Wir wissen vielmehr aus den Thatsachen des Genienkultus, dass die Römer,

wie noch heute die meisten Naturvölker, sich die menschliche Fortpflanzung und den Tod als ein Kommen und Gehen von Seelen dachten. Diesen Process, der durchaus keine abstracte Theologie, sondern einen ganz materiellen Geisterglauben voraussetzt, stellte man eben unter die Hut der Venus, bei den Griechen unter die der Aphrodite. Bei der germanischen Liebesgöttin Freya, welche J. Grimm (D. Myth., S. 256 ff.) direkt mit Venus und Aphrodite vergleicht, kehrt jener Zug wieder, dass sie in ihrem geräumigen Saale Sessrymnir die Menge des todten Volkes aufnimmt oder die Seelen der Abgeschiedenen die erste Nacht beherbergt (a. a. O., S. 253). Von der Berhta aber erzählt man sich noch heute in Deutschland, wie sie mit einem grossen Zuge von Kindern oder auch von Heimchen einherzieht (a. a. O. S. 229), oder sie hält das «Engelland», das Lichtreich, in ihrem Verschluss, wohin die Seelen der Verstorbenen emporschweben und von wo die Kinderseelen herkommen, was um so mehr hervorzuheben ist, als ihr Name mit dem von uns vorausgesetzten Φορκ-δίτα etymologisch verwandt zu sein scheint.

Das ursprüngliche Bild der Aphrodite ist mit den bisher gezogenen Linien noch nicht vollständig gezeichnet. Wir suchten es wahrscheinlich zu machen, dass ihr Name eine Licht- oder Feueranzünderin bedeutet, was sich wahrscheinlich speciell auf eines der himmlischen Feuer bezog. Hier begegnet uns nun die von M. Müller und Leo Meyer versuchte Beziehung der Göttin auf die Morgenröthe[1]). Diese Deutung könnte einen Theil der Wahrheit enthalten, um so mehr, als schon von Platon (Epin. 987 B) an der Morgenstern Ἀφροδίτης ἀστήρ oder geradezu Ἀφροδίτη genannt wird. Auf orientalischen Ursprung braucht diese Benennung durchaus nicht unbedingt zurückgeführt zu werden. Freilich heisst er auch Ἥρας ἀστήρ. Auch die Sage von Phaethon, dem schönen jugendlichen Sohne der Eos oder Hemera, welchen Aphrodite entführt und zum nächtlichen Aufseher ihres Tempels macht (Hesiod. Theog., v. 986 ff.), scheint sich auf den Morgenstern zu beziehen. Hier hat W. H. Roscher freilich eine andere Beziehung vorgeschlagen, der man die Beachtung nicht versagen kann. Der Venusstern bleibt in der Morgendämmerung als letzter leuchtender Gefährte des verblassenden Mondes zurück. Da der Mond gewöhnlich als weibliches Wesen gedacht wird, so konnte jener Stern im Mythus leicht als Geliebter desselben geschildert werden. Ueberhaupt hat sich der genannte Gelehrte angelegen sein lassen, die übrigens schon im Alterthum[2]) vertretene Ueberzeugung zu vertheidigen[3]), Aphrodite sei eine Göttin des Mondes gewesen. Er beruft sich namentlich auf die Vorstellung, dass der Mond

1) M. Müller: Vorlesungen über die Wissensch. d. Sprache² II, 205. L. Meyer: Bemerkungen zur ält. Gesch. der griech. Mythol., S. 36.

2) Philoch. Fr. 15 Müll. bei Macrob. Sat. III, 8: Venerem igitur almum adorans, sive femina sive mas est, ita uti alma noctiluca est. Philochorus quoque in Atthide eandem affirmat esse lunam et ei sacrificium facere viros cum veste muliebri, mulieres cum virili, quod eadem et mas existimatur et femina. Gemeint ist das Fest der Oschophorien. Macrobius spricht vorher von dem kyprischen Ἄφροδιτος, den er als mannweibliches Wesen betrachtet, mit Berufung auf eine kyprische Aphroditestatue (signum Veneris est Cypri barbatum corpore, sed veste muliebri cum sceptro ac statura virili). Das mannweibliche Wesen dieses vielberufenen Ἀφρόδιτος scheint aus dem Namen gefolgert zu sein, als einer Ἀφροδίτη in männlichem Gewande. Moderne Mythologen haben darauf eine Reihe von Combinationen gebaut, und das Vorbild natürlich im Semitismus aufgesucht. An sich braucht Ἀφρόδιτος nichts weiter als ein männliches nomen agentis zu sein, wie

oder richtiger der weibliche Mondgeist das weibliche Geschlechtsleben regele, was man aus den Katamenien der Frauen mit einer gewissen Logik gefolgert habe. Bei den Alten, wie auch bei anderen Völkern, lässt sich allerdings dieser Glaube an den Einfluss des Mondes nachweisen. Die Vorstellung, dass die Seelen der Kinder aus dem Monde herkommen, lässt sich zwar durch ein ausdrückliches Zeugniss der Alten nicht erhärten, mag aber in den ältesten Zeiten noch geherrscht haben, wo die primitiven Vorstellungen des Seelenglaubens noch lebendiger waren. Dagegen ist es bekannt, dass man in Hellas, wie anderswo, beim Termin der Hochzeiten auf das Mondalter Rücksicht zu nehmen pflegte. Hochzeitlich war meistens die erste Monatshälfte, die Zeit des wachsenden Mondes bis zum Vollmonde. Insbesondere galt der vierte Monatstag dazu für geeignet, zugleich war er aber auch, neben dem sechsten, speciell der Aphrodite heilig[1]). Der Volksglaube erwartete vom wachsenden Monde ein entsprechendes Wachsthum der Familie. Versetzt man sich in eine Weltanschauung hinein, welche sich die Vorgänge der Natur in möglichst naiver Weise aus der Thätigkeit menschenähnlicher Geister erklärt, so können wir uns leicht denken, dass man eines solchen Wesens bedurfte, welches den erloschenen Mond jedesmal wieder von neuem anzündete. Hekate, eine Mondgöttin, die, nach der Opferzeit der Athener zu schliessen, in enger Beziehung zum Interlunium und Mondwechsel stand, führte nach Hesych. s. v. bei den Tarentinern den Kultnamen Ἄφραττος, was nach der Analogie von Λύττος für Λύκτος, ἑττᾶς für ἐκ τᾶς u. s. w. (vgl. G. Meyer: Gr. Gr., § 247) aus Ἄφρακτος entstanden sein kann. Wir vermuthen, dass diese Bezeichnung der chthonischen Neumondgöttin mit dem Namen der Aphrodite eng verwandt ist.

Der Mond mit seinem gespensterhaften Scheine, seinem beständigen, räthselvollen Wechsel von Licht und Finsterniss, seinem regelmässigen Verschwinden, erzeugt in der Phantasie eines Volkes, welches die Welt von Geistern erfüllt wähnt, einen so tiefen und lebhaften Eindruck, wie kaum ein anderer Naturkörper. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Hellenen eine ganze Reihe verschieden gestalteter Mondgöttinnen besassen, deren ursprüngliche Beziehungen allmählich in Vergessenheit gerathen waren. Es giebt kaum eine weibliche Gottheit, die nicht in einer oder der anderen Weise jene alten Beziehungen verräth. Hera, Athena, Artemis, Demeter, Persephone, Aphrodite scheinen nur verschieden entwickelte Bilder des weiblichen Mondgeistes zu sein. Ihre Verschiedenheit mag erstens daraus entstanden sein, dass der Mond im Glauben eine so grosse Rolle spielte, so zahlreiche Beziehungen und Namen besass. Je mehr mit der Zeit die ursprüngliche Bedeutung der Göttin in Vergessenheit gerieth, um so zahlreicher mussten Diffenzirungen, abgetrennte Qualitätsbestimmungen eines und desselben Wesens entstehen. Dazu kommt der Umstand, dass die einzelnen Erscheinungsformen des Mondes von vornherein verschiedenen geister-

Ἀφροδίτη das weibliche, der «Anzünder» der Himmelsfeuer. Es dürfte niemand einfallen, etwa den Apollon Ἕκατος als eine mannweibliche Hekate anzusehen.

3) W. H. Roscher: Nektar und Ambrosia, mit einem Anhange über die Grundbedeutung der Aphrodite und Athene. Leipz. 1883; Ders. Vollst. Lex. d. Myth., I, S. 396 ff.

1) Die Belege sind gesammelt bei A. Mommsen: Chronologie, S. 86, vgl. S. 99.

haften Persönlichkeiten anheimgegeben wurden. Hierin liegt wohl der Schlüssel zu den weiblichen Zwei- und Dreivereinen, den Chariten, Moiren, Horen, Musen, Praxidiken, Nymphen u. s. w., die namentlich im griechischen Götterglauben eine so grosse Rolle spielen, aber auch bei den anderen indogermanischen Völkern sich wahrnehmen lassen. Auch die zweifache, dualistische, oder dreifache Gestaltung einer und derselben Göttin scheint uns auf die zwei oder drei Mondphasen zurückzugehen[1]). Die Griechen unterschieden im Allgemeinen den zunehmenden (ἱστάμενος) und den abnehmenden (φθινόμενος) Mond. Als dritte Phase gehörte das Interlunium (σκοτομηνία, τριακάς, ἕνη καὶ νέα) oder der wahre Neumond (νουμηνία) hinzu. In dem Interlunium schienen sich jene beiden zu berühren, Tod und Neugeburt. Die beiden κλῆροι der sonst dreigestalteten Hekate (Plut. de def. or. 13), der wechselnde Aufenthalt der Persephone (Plut. de fac. lun. 28,5. 29,7) und die Doppelrolle der Aphrodite als einer Todes- und Zeugungsgöttin dürften verschiedene Ausdrücke für diese Beziehungen sein. Wenn es nach der Lehre der Mysterien im Monde eine grosse Höhle gab, die man Ἑκάτης μυχός nannte, wo die Seelen ihren Lohn erhielten (Plut. de fac. lun., 29) d. h. entweder in die Unterwelt hinabgesandt oder an einem himmlischen Aufenthalte gelassen wurden (vgl. Plat. Rep. X, 13, p. 614), so liegt hier die schon oben (S. 45) berührte Vorstellung zu Grunde, dass sich die Seelen nach dem Tode im Monde sammeln. Nur ein Gegenbild davon ist der tiefe Brunnen und das goldene Haus, aus welchen nach deutscher Volksvorstellung die Kinderseelen zur Erde gelangen. Da den Seelen ein lichtartiges Wesen zugeschrieben wurde, so mochte das Hinschwinden des Mondlichtes und das gänzliche Verschwinden in der Neumondnacht dadurch erklärt werden, dass die Seelen ihren vorläufigen Aufenthalt im Monde verliessen, um ihren endgültigen Stätten zuzueilen. Mit dem neuen Monde werden dagegen neue Seelen heraufgeführt. Deshalb ist die über das Interlunium waltende Hekate Todtengöttin, zugleich aber auch Geburtsgöttin. Ebenso konnte nicht mit Unrecht Engel (II, 251) die Aphrodite eine ψυχοπομπός nennen. Ueberwiegend ist freilich ihre andere Beziehung, auf Zeugung und Neugeburt der Seelen, betont worden und ist schliesslich, alles verdrängend, in den Vordergrund getreten. An der Hekate haben sich andere Seiten entwickelt, namentlich überwiegt die Rolle

1) Drei Aphroditen neben einander in Theben (Paus. IX, 16, 3), Megalopolis (das. VIII, 32, 2) und Knidos (das. I, 1, 3). Doppeltempel in Sparta (das. III, 15, 10), zweifache Aphrodite in Patrae (das. II, 21, 10) und im Arestempel zu Athen (das. I, 8, 5). Eine dreifache Hera wurde in Stymphalos verehrt (das. VIII, 22, 2). Kultgemeinschaft der Aphrodite mit den Moiren wird aus einer spartanischen Inschrift (C. I. Gr. n. 1444 Ἀφροδίτης ἐνοπλίου καὶ Μοιρῶν) ersichtlich, womit das Epigramm auf dem Bilde der Ἀφροδίτη ἐν κήποις in Athen (Paus. I, 19, 2), welches sie die älteste der Moiren nannte, zu vergleichen ist. Die drei hesiodischen Moiren und die in der Zweizahl zu Delphi verehrten (Plut. de Εἰ ap. Delph. 2) wird man von der homerischen μοῖρα zu trennen haben. Den Orphikern war die Bedeutung jener Μοῖραι, der «Theile» des Mondes noch wohlbekannt (vgl. Clem. Alex. Strom. V, 8, 49 p. 676 Pott. Μοίρας τε αὖ τὰ μέρη τῆς σελήνης, τριακάδα καὶ πεντεκαιδεκάτην καὶ νουμηνίαν· διὸ καὶ λευκοστόλους αὐτὰς καλεῖν τὸν Ὀρφέα φωτὸς οὔσας μέρη). Jene Aphrodite ἐν κήποις scheint einen chthonischen Character gehabt zu haben. Ihr Heiligthum lag nahe bei dem unterirdischen Eingange der Arrephoren (Paus. I, 19, 2). Eine Lokalität Κῆποι ist sonst ganz unbezeugt und von Pausanias wohl nur aus dem Namen der Aphrodite erschlossen. Mit einer «Gartenaphrodite» ist nicht viel anzufangen, trotz der ἱεροκηπίς von Paphos. Auf Grund des eben Gesagten halten wir jene κῆποι für identisch mit dem Worte κᾶπος, das Hesych durch ψυχή erklärt (vgl. oben S. 65). Hierfür liesse sich auch die Hermenform ihres Bildes anführen.

einer Todtengöttin. Eine freilich nicht geringere Function übt sie als Zauberin aus. Von einem Zaubergürtel der Aphrodite weiss die alte homerische Sage, und als Zauberin in Dingen der Liebe hat sie schon Engel (II, 253) mit Hekate verglichen. Die Zauberei besteht in der Gewalt über Geister, und ihre vornehmste Kunst ist die Beschwörung der Seelen der Todten, was sich mit der Psychopompie des Mondgeistes leicht vereinigen lässt. Aus ähnlichen Bezügen[1]) lässt sich die Weissagungsgabe der Aphrodite (vgl. Engel II, 275) erklären. Wir vergleichen Aphrodite mit der Hekate nicht deswegen, weil gerade diese ihr besonders nahe stände, näher als Hera, Athena oder Artemis, sondern nur, um zu zeigen, welche continuirliche Vermittelung zwischen je zwei beliebigen griechischen Göttinnen besteht. Einem ähnlichen Gedanken gab J. Grimm hinsichtlich der deutschen Göttinnen Ausdruck und Schwegler in Bezug auf die römischen[2]). Wir gewinnen bei tieferem Eindringen das Bild eines theils im Himmel, theils auf Erden, theils und namentlich unter der Erde mächtigen weiblichen Geistes, welcher die Feuer des Himmels, namentlich des Mondes, anzündet und auslöscht, die Seelenwandlung behütet und die Fortexistenz der Natur bewirkt. Dieser Geist ist also die am bunten Nachthimmel thronende (ποικιλόθρονος), die «goldene» oder in einem goldenen Hause wohnende Aphrodite.

Indem wir uns die Vorstellung der Aphrodite ihren Hauptzügen nach in ähnlicher Weise entwickelt denken, glauben wir einigermaassen den drei Quellen der Religionsgeschichte Genüge geleistet zu haben, dem Kulte, den Mythen und den Namen der Göttin. Wir dürfen sie als einen Tod und Zeugung regelnden Mondgeist definiren und ihren Namen auf die Bezeichnung als Mondanzünderin deuten. Wir hatten den Namen mit den italischen Götternamen Frutis, Futris, Fors = *Forctitis und mit Fortuna verglichen. Man wird uns hier entgegenhalten, dass erstens nach dem Urtheile des Sprachgefühles und der allgemeinen Ueberzeugung fors und fortuna von fero herkommen. Zweitens beweisen inschriftliche und bildliche Denkmäler, Zeugnisse der Schriftsteller und Beinamen verschiedener Art, dass im Glauben der Römer Fortuna und Fors einstimmig und fortwährend, gleich der griechischen Τύχη, als Göttin des glücklichen oder unglücklichen Zufalls galt. Es erscheint vermessen, alles das umzustossen und nur auf einige undeutliche Anzeichen hin, wie die von uns vermuthete Form des Namensstammes forc-, die Zwei- und Dreiheit der Göttin im Kulte[3]), ihr

1) Plut. de fac. lun. 30: οὐκ ἀεὶ δὲ διατρίβουσιν ἐν αὐτῇ (sc. τῇ σελήνῃ) οἱ δαίμονες, ἀλλὰ χρηστηρίων δεῦρο κατίασιν ἐπιμελησόμενοι. Von diesen Geistern stammen nach der Meinung des Autors unzählige Seher- und Priestergeschlechter ab. Auch die weisssagende Sibylle sitzt in einer Höhle auf dem Monde (Plut. s. num. vind. 22). Schliesslich mag auch der sogenannte ὄλμος, der mantische Sitz der Pythia, das Mondbecken symbolisirt haben.

2) J. Grimm D. Myth. 207: «Bei den Göttern konnte die vorschreitende Untersuchung darauf ausgehen, einzelne Wesen zu sondern; alle Göttinnen scheint es rathsam vereint und getrennt zu betrachten, weil ihnen ein gemeinsamer Begriff zum Grunde liegt». Schwegler Röm. Gesch. I, 227.

3) Einen dreifachen Tempel dreier Fortunae gab es am quirinalischen Thor (Vitruv. III, 2, 2 huius autem exemplar erit ad tres Fortunas; ex tribus, quod est proxime portam Collinam. Vgl. dazu Zangemeister Hermes II, S. 489 und H. Jordan Archäol. Zeitg. 1871, S. 79). Diese tres Fortunae hat auch H. Jordan (a. O. Preller R. M. I, 65) mit den griechischen Dreivereinen verglichen. In Antium wurden zwei Fortunae neben einander verehrt. Man dachte sie sich als Schwestern und

den ursprünglichen Begriff einer Mondgöttin unterzuschieben. Dennoch wagen wir hiergegen folgendes geltend zu machen. Die römische Religion, die in ihrem reich entwickelten Geisterglauben so sehr viel alterthümliche, direkt an die primitive Religionsstufe der Naturvölker anknüpfende Züge erhalten hat, wimmelt auf der anderen Seite von abstracten Personificationen, wie sie bei einem nüchternen, zur systematischen Abstraction neigenden Volke als sekundäres Erzeugniss keineswegs wunderbar wären, nimmermehr aber mit den ursprünglichen Conceptionen der Indogermanen sich vereinen. Kein Volk hat in der Vorstellung das Bild von der Persönlichkeit der Götter so wenig festgehalten und so sehr nach theologischen Begriffen gestrebt, wie die Römer. In ihrer Religion ging dasselbe vor, wie bei der abstracten Wortbildung in der Sprache. Sobald die ursprüngliche sinnliche Bedeutung der Worte in Vergessenheit geräth, wird die neue abstracte Bedeutung einseitig auf der veränderten Grundlage fortgebildet. Beide Vorgänge, die Abstraction der Götternamen, ihre Verwandlung in Begriffe und die Bildung der abstracten Worte in der Sprache, gehen von ältesten Zeiten bei den Römern Hand in Hand, begünstigt durch frühe und eifrige Beobachtung der Etymologie, welche in allen Religionen als umbildendes Element wirksam ist. Wir halten es bei vielen der scheinbaren Personificationen abstracter Begriffe in der römischen Religion, Mens, Quies, Salus, Aequitas, Spes, Honos, Victoria u. s. w., soweit sich für sie ein älterer Kultus nachweisen lässt, für möglich und wahrscheinlich, dass sie jene Umbildung und Umdeutung durchgemacht haben. Ueberall müsste man hier die Wortgeschichte des Götternamens etymologisch aufklären. Was z. B. die Fortuna und Fors anbetrifft, so besitzt die deutsche Sprache ein jedenfalls zum Nachdenken aufforderndes Analogon in dem Worte «Laune». In der mittelhochdeutschen Form *lâne* bezeichnet es noch ganz speciell den Wechsel, die Veränderlichkeit des Glückes. Scheinbar abstracten Inhaltes wie fortuna, ist *lâne* doch nichts weiter als *luna*, der Name des wechselvollsten Gestirnes, dessen verschiedenen Erscheinungsformen in dem Aberglauben aller Völker ein maassgebender Einfluss auf Glück oder Unglück bei jeder menschlichen Unternehmung zugeschrieben wird.

Wir erlauben uns, zur besseren Beleuchtung unseres soeben ausgesprochenen Gedankens auf die stammfremde Göttin überzuspringen, welche uns durch den Ausgangspunct dieser Untersuchung so nahe gelegt wird, die semitische Astoreth. Ihr Name geht anerkanntermaassen auf denselben Stamm zurück, welcher in den semitischen Sprachen «Glück» be-

---

bildete die eine, wie die Münzen der Gens Rustia lehren, kriegerisch und bewehrt, die andere matronal (Preller R. M. II, 193; Roscher's Lexikon I, 1546 ff.). In Sparta kehrt das merkwürdiger Weise bei den zwei Aphroditen im zweistöckigen Tempel ähnlich wieder. (Paus. III, 15, 10 ναὸς ἀρχαῖος καὶ Ἀφροδίτης ξόανον ὡπλισμένης. καὶ ὑπερῷον ἄλλο ἐπῳκοδόμηται Μορφοῦς ἱερόν. ἐπίκλησις μὲν δὴ τῆς Ἀφροδίτης ἐστὶν ἡ Μορφώ, κάθηται δὲ καλύπτραν τε ἔχουσα καὶ πέδας περὶ τοῖς ποσί). Auch von den «Praenestinischen Schwestern» ist die Rede (Stat. Silv. I, 3, 79), während die Hauptrolle im Kulte von Praeneste die Fortuna Primigenia spielt, mit Aphrodite «der ältesten der Moiren» zu vergleichen. Auf die Mondphasen konnten sich ursprünglich auch die Kultnamen Redux und Respiciens beziehen, bei Plutarch (De fort. Rom. c. 10) mit Ἐπιστρεφομένη übersetzt. Ἐπιστροφία hiess eine Aphrodite in Megara (Paus. I, 40, 6), Κατασκοπία in Troizen (das. II, 32, 3) und Ἀποστροφία eine in dem Dreivereine zu Theben (das. IX, 16, 3). Die Fortuna Virilis wurde wie Venus von den Frauen um eheliche Fruchtbarkeit angefleht (Preller R. M. I, 449. II, 185). Andererseits nannte man den glücklichsten Wurf im Würfelspiel Ἀφροδίτη.

deutet (Baudissin in Herzog-Plitt's Realencycl. I, S. 723). Eben so anerkannt ist es, dass sie nichts weiter als eine Göttin des Mondes war[1]). Man wird aus den auch hier entstandenen etymologischen Zweifeln erst dann herauskommen, wenn man jene Bedeutung für die abgeleitete, «Mond» für die ursprünglichere nimmt, wobei eine noch ältere Wortgeschichte ebensowenig ausgeschlossen ist, wie bei luna. Nicht umsonst bezeichneten römische Autoren die Astarte als Fortuna coeli. Angenommen, die Semiten hätten, auf den Namen sich gründend, die Function der Astarte, als einer das Glück bestimmenden Göttin, allen übrigen vorgezogen und einseitig ausgebildet, so hätte leicht etwas ähnliches entstehen können, wie die römische Fortuna oder die griechische Τύχη.

Wir können von den ebenbehandelten Gegenständen nicht scheiden, ohne eine räthselhafte Glosse des Hesychios zu berühren, welche uns hierher zu gehören scheint. Dieselbe lautet: Ἐριννύς· δαίμων καταχθόνιος ἢ Ἀφροδίτης εἴδωλον. Tümpel hat in der mehrfach angezogenen Abhandlung diese Worte zum Grundsteine einer eben so complicirten, wie in allen Voraussetzungen und Schlussfolgerungen höchst zweifelhaften religionsgeschichtlichen Hypothese gemacht. Dieselbe läuft darauf hinaus, dass Aphrodite in Theben und anderswo an die Stelle der Δημήτηρ Ἐριννύς getreten, also zu einer Ἀφροδίτη Ἐριννύς geworden sei. Derartige Reduktionen einer Gottheit auf die andere sind ein müssiges Spiel mit Namen, welches bei den Mythologen der H. D. Müller'schen Richtung freilich sehr beliebt ist. Tümpel's Erklärung des εἴδωλον Ἀφροδίτης giebt nur noch neue Räthsel auf und ist ohne jede klare Einsicht in Wesen und Bedeutung der Demeter, Aphrodite und Erinnys zu Stande gekommen, also eine Operation mit unverstandenen Begriffen. Um also von dieser pseudohistorischen Erklärung auf das εἴδωλον Ἀφροδίτης zurückzukommen, so kann das einfach für sich genommen nichts anderes heissen, als dass man einer Erscheinung, einem Abbilde oder Gespenst der Aphrodite den Namen Ἐριννύς gab, wie man sonst die in der Unterwelt sitzenden schreckenden und rächenden Göttinnen nannte und wie auch, als Beiname, die Demeter von Thelpusa in Arkadien hiess (Paus. VIII, 25, 2—10). A. Kuhn ist es in einem seiner berühmtesten Aufsätze zur vergleichenden Mythologie[2]) gelungen, nicht bloss die Identität der Ἐριννύς mit der indischen Göttin Saranyû nachzuweisen, sondern auch die Uebereinstimmung ihrer beiderseitigen Mythen. Eine indische Sage nämlich, die bereits in einem Hymnus des Rigveda, dann in wenig jüngeren Quellen vorkommt, berichtet, dass der Gott Tvashtar seine Tochter Saranyû mit Vivasvat, einem Gotte, verheirathete. Als sie ihm Zwillinge, Yama und Yamî, geboren hatte, verschwand sie oder wurde verborgen und an ihre Stelle trat ein Abbild, entweder, wie jener Hymnus sagt, von den Göttern, oder nach den andern Quellen, von der Saranyû selbst geschaffen. Jedenfalls lebte Vivasvat mit diesem Abbilde der Saranyû, bis er den Betrug merkte. Die Saranyû aber hatte sich, wie die nachvedischen

1) Winer: Realwörterb. I, 108. II, 109; Schlottmann in Riemer's Handwörterb. I, 111; Baudissin in Herzog-Plitt's Realencycl. I, 712.

2) «Saranyû-Ἐριννύς» in der Zeitschr. f. vgl. Spr. I, 439 ff.

Quellen melden, in eine Stute verwandelt und wurde darauf als solche von Vivasvat als Hengst ereilt und besprungen. Daraus erwuchsen abermals zwei Zwillinge. So lautet die indische Sage, mit der Kuhn die griechische bei Pausanias (a. O.) verglich. Hier heisst es, dass die Demeter, Ἐριννύς = *Σερινϳυ-ς genannt, vom Gotte Poseidon mit Liebe verfolgt, als Stute entflohen sei. Poseidon merkt aber die Täuschung, verwandelt sich in einen Hengst, ereilt sie und zeugt von ihr zwei Kinder, die Δέσποινα und den sogenannten Ἵππος Ἀρείων. Man bemerkt, dass in diesem Mythos die Zurücklassung eines Abbildes der Erinnys fehlt. Hier schlägt jene Notiz des Hesychios in merkwürdiger Weise ein, indem er von Ἐριννύς als von einem εἴδωλον, freilich nicht jener Demeter, sondern der Aphrodite, Zeugniss ablegt.

An Deutungen des Mythos der Erinnys-Saranyû hat es nicht gefehlt, worüber sich eine Uebersicht in dem oben angeführten Buche Wsewolod Miller's (Очерки u. s. w. S. 183 ff.) findet. Während Kuhn, seiner Lieblingsrichtung zufolge, eine Gewittergeschichte, Max Müller einen Mythus der Morgenröthe, andere anderes hineindichteten, giebt Wsew. Miller folgende treffende und bemerkenswerthe Erklärung. Vivasvat, meint er, ist zugegebener Maassen ein Licht- oder Sonnengott. Saranyû kann nichts anderes als eine Mondgöttin sein, da die Verfolgung des Mondes durch die Sonne und die Hochzeit beider ein reichbehandeltes Thema der indogermanischen Mythendichtung bildet. Wann wurde aber nach der Meinung der Alten der Ehebund beider vollzogen? Die Antwort kann nur sein: in der Neumondnacht. Diese Nacht nannten die Inder amâvasyâ d. h. Zusammensein oder Beiwohnung, und um die Zeit des Interluniums pflegten auch die Griechen oder wenigstens die Athener — was Miller anzuführen vergass — den ἱερὸς γάμος anzusetzen und die ἱερογάμια, die Opferfeier der Götterhochzeit, zu vollziehen. Die Neumondnacht bewirkte in der Phantasie jene Vorstellung auf ganz logischem Wege. Nachdem sich vorher die Sonne, der Mann, dem Monde immer mehr genähert hatte, verschwinden in der einen Nacht beide vom Himmel, sie haben sich gefunden und gemeinsam irgendwohin zurückgezogen zu einem verborgenen Beilager. Nach der Synodos entfernt sich der Mond wieder von der Sonne und scheint sie zu fliehen, sich ihr zu entziehen. Uns scheint es, als ob Ws. Miller in dieser Weise den Kern des Mythos sehr glücklich divinirt, auch im Uebrigen sehr zutreffendes Nebenmaterial zur Detailerklärung beigebracht hat. Nur einen Zug lässt er unaufgeklärt. Was bedeutet das räthselhafte Abbild, welches Saranyû, also der Mond, bei der Flucht von sich zurücklässt? Was soll ferner dasselbe Abbild (εἴδωλον) der Aphrodite, welches Ἐριννύς hiess, wie die sich selbst als εἴδωλον zurücklassende indische Göttin? Da wir, ganz unabhängig, das Walten der Aphrodite auf das Interlunium, den Neumond, bezogen haben, so müssen wir uns hier nach einer Erklärung umsehen und sind auf folgende gerathen. Um die Zeit des Neumondes, vor und nach demselben, sieht man bekanntlich zu gewissen Zeiten auch den dunkeln Theil der Mondscheibe schwach erleuchtet, welche Erscheinung unter dem Namen des aschgrauen Mondlichtes bekannt ist und von dem Reflexlichte der Erde herrührt. Wir denken uns nun, dass für Leute, welche an die Regelmässigkeit der Monderscheinungen, das allmähliche Wachsen und Abnehmen, gewöhnt waren, jene ausser der Ordnung fallende Erscheinung

des Mondes ein eben so verwirrendes, wie erschreckendes Faktum war. Dieses blassgraue Licht hinterliess sicher den Eindruck einer Gespenstererscheinung, denn nicht unähnlich dachte man sich die Erscheinung der Todten. Zugleich musste dieser geisterhafte Mond mit seinem undeutlichen, schattenartigen Lichte den Eindruck eines verhüllten, verschleierten Wesens hervorbringen. Wir meinen, diese Erscheinung kann der scharfen Himmelsbeobachtung der indogermanischen Naturvölker nicht entgangen sein. Wo man dem Monde mit seinen wechselnden Erscheinungen einen so breiten Raum in Kultus und Mythos eingeräumt hat, da muss sie, namentlich bei dem ausgebildeten Geisterglauben der Vorzeit, ihren Antheil an beiden gehabt haben. Wir erlauben uns nur, vermuthungsweise auf einiges hinzuweisen. Niemand bezweifelt, dass die griechische Ἑλένη gleich Σελένη, also der Mond war. Es gab nun einen, leider durch Historisirung und Anpassung an die ilische Sage entstellten Mythos, wo von einem εἴδωλον der Helena die Rede war. Die wirkliche Helena soll Proteus geraubt haben, während Paris nur ihr Abbild behält. Hier haben wir also das εἴδωλον, das Gespenst des Mondes, und dasselbe dürfen wir auch in dem εἴδωλον der Mondgöttin Aphrodite und in jenem Abbilde der Saranyû, welches Vivasvat behält, voraussetzen[1]). Jetzt erhält der Mythos von der Saranyû-Erinnys seine natürliche Lösung. Während der wirkliche Mond nach dem Zusammenleben mit Vivasvat an den Himmel zurückflieht, bleibt das εἴδωλον zurück, der Geistermond, der ausser gelegentlichem Auftauchen am Himmel seinen ständigen Aufenthalt und verborgenen Sitz in der Erde, dem allgemeinen Aufenthalte der Geister, hat.

Der Schrecken des Mondgespenstes erzeugte bei den Griechen die Vorstellung einer schreckenden und rächenden Göttin, der Ἐρινύς oder in der Mehrzahl gedacht, bemerkenswerther Weise auch in der Zwei- und Dreizahl, Ἐρινύες. Vielleicht liegt dasselbe auch der Γοργώ zu Grunde, deren Haupt beim Anblick Versteinerung bewirkt. Nach einer in der ältesten griechischen Kunst vorkommenden Vorstellung wäre die Gorgo pferdeköpfig gewesen, und dieser Pferdekopf, der in den Mythen und Märchen der Indogermanen häufig genug vorkommt, zierte auch das alte Kultbild der Demeter Μέλαινα, der «dunklen», in Phigaleia (Paus. VIII, 42, 4), von welcher derselbe Mythos erzählt wurde, wie von der thelpusischen Ἐρινύς.

Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, diesen Vorstellungen noch weiter nachzugehen und etwa den bösen Mond und die böse Mondgöttin, welche Deutschen, Slaven und Litthauern wohlbekannt war, hierherzuziehen. Sonderbar ist der Ausdruck «böser Wädel» in der Regel

---

1) Bei dem εἴδωλον Ἀφροδίτης scheint es uns nicht unpassend, an die Sage von Pygmalion zu erinnern, der mit dem «elfenbeinernen Bilde» der Aphrodite Liebesumgang pflegte. Ein Bild der Aphrodite nennt ausdrücklich die bei Clemens Alex. Protr. p. 51 erhaltene Tradition. Ferner wagen wir die verschleierte und an den Füssen gefesselte Ἀφροδίτη Μορφώ in Sparta hierherzuziehen; denn μορφή ist ja gleichbedeutend mit εἶδος imago. Diese Μορφώ sass in einem zweistöckigen Tempel, unter ihr eine bewaffnete Aphrodite (Paus. III, 15, 11), dieselbe welche C. I. Gr., 1444 und auch sonst in Gesellschaft der μοῖραι, der Mondtheile, erscheint. Jene gefesselte Aphrodite hat übrigens schon längst den Blick auf den Demodokosmythos gelenkt, dessen Sinn sich auf Grund obiger Ausführungen einigermaassen ahnen lässt.

des deutschen Aberglaubens (Grimm D. M. III, 471, A. № 973). Derselbe wird von Neumond (zunehmendem) und abnehmendem unterschieden, kann also nicht gut mit Grimm und Liliencron (Haupt's Zeitschr. VI, 368) auf den abnehmenden Mond bezogen werden. Da Wädel speciell der Vollmond ist, welcher überall als glückbringend gilt, so lässt sich der böse Vollmond nur auf die oben geschilderte Vollmonderscheinung um das Interlunium herum oder auf letzteres selbst beziehen. In Rom standen im Circus neben einander die Bilder der Seia, Segesta und ein drittes, welches einen verborgenen, also zu fürchtenden Namen hatte (Plin. H. N. XVIII, 8). Da wir schon oben die Fortunae auf die Mondphasen bezogen, so sei hier an das verhüllte oder verschleierte Bild im Servianischen Tempel der Fortuna am Forum Boarium erinnert[1]).

Unsere bisherigen Ausführungen hatten den Zweck, die These zu widerlegen, dass die Verehrung der Aphrodite bei einem semitischen Volke entsprungen und erst von diesem nach Hellas eingeführt worden sei. Einen Götterdienst, der so fest im hellenischen Volke wurzelte, ausserdem in so ächt hellenischer Form ausgeprägt war, dieser Nation zu entreissen und einem fremden Stamme zuzueignen, ist ein Unterfangen, dessen Unzuträglichkeit unwillkürlich in die Augen springt. Kein Wunder, dass bald das Bedürfniss erwachte, sich irgend wie mit jener These in ihrer schroffsten Form abzufinden. Die Erfahrung lehrt, dass der Entschluss, einen in der Wissenschaft eingebürgerten unrichtigen Satz sofort vollständig zu opfern, nie leicht wird. Gewöhnlich zieht man eine vermittelnde Annahme vor, welche den Satz irgend wie umwandelt und in glaubwürdigere Form bringt. Diese vermittelnden Meinungen sind auch hier entstanden, und sie zwingen uns zu einigen kritischen Bemerkungen, obgleich sie im Grunde zugleich mit dem Satze in seiner ursprünglichen Form bereits widerlegt sind. Eine Reihe von Forschern hat den phönizischen Ursprung des Aphroditekultus, wie ihn Herodot behauptete, nicht mehr aufrecht erhalten. Entweder soll bei den Hellenen eine einheimische Liebesgöttin, die Aphrodite oder ihre Mutter Dione, bereits existirt, daneben aber durch die Phönizier die Astarte eingeführt und mit jener verschmolzen worden sein oder der griechische Aphroditekult wenigstens eine mehr oder weniger starke semitische Einwirkung erfahren haben. Gegen die erste Ansicht lässt sich einwenden, dass die Spuren jener Vereinigung mit der Astarte, auf welche man hinzuweisen pflegt, entweder gar nicht vorhanden oder auf unkritischem Wege zurechtgemacht sind. Wir brauchen als Beispiel des letzten Verfahrens nur auf die öfter angeführte Schrift von Tümpel zu verweisen. Sehr beliebt ist in dieser Hinsicht die deutende Verwendung der Οὐρανία und Πάνδημος. In dem attischen Lokalkulte der Aphrodite waren das zwei örtliche Kultnamen, die an sich gar nichts mit einander zu thun hatten. Indem man nun, nach einer mehr als zweifelhaften Etymologie, Πάνδημος von πᾶς, πᾶσα, πᾶν und δῆμος in dem Sinne von vulgivaga deutete und nach dem metonymischen Brauche später Zeiten Ἀφροδίτη für die Liebe selbst nahm,

1) Ueber dieses, fälschlich auch als Statue des Servius betrachtete Bild vergleiche man R. Peter in Roscher's Lexikon I, 1509.

gefielen sich attische Schriftsteller, zuerst Xenophon (Symp. 8, 9) und Platon (Symp. 8, pag. 180), hieran artige Raisonnements über die ethischen Gegensätze der Liebe zu knüpfen. Uns ist nicht bekannt, welchem modernen Gelehrten es vorbehalten war, jene ethische durch historische Umdeutung zu vergröbern. Von der Voraussetzung ausgehend, die Hellenen seien viel zu classisch und edel gewesen, um irgend eine lascive Vorstellung in ihre Religion eindringen zu lassen, schrieb man dergleichen lieber den durch unzüchtige Religionsgebräuche ohnehin berüchtigten Semiten zu. Πάνδημος erhob man zum Losungswort oder Generaltitel dieser üblen Seiten der Aphrodite, während ihre bessere, angeblich urhellenische Hälfte, sich als Οὐρανία verhimmeln liess. Ein solcher Gegensatz hat im Aphroditekultus niemals existirt. Wenn an manchen Orten und zu manchen Zeiten die Bedingungen des Kultes der Liebesgöttin und die Vorstellungen von ihr sich zur Lascivität veränderten, so lag der Grund einfach darin, dass auch das geschlechtliche Leben der Griechen vielfach in Liederlichkeit entartete. Diesen Verfall der Sitten semitischen Einflüssen zuzuschreiben, wäre höchst ungerecht. Ausserdem ist die Lascivität des Aphroditekultus vielfach übertrieben worden. Welcker (Gr. G. I, 714) hat noch, auf die alten Etymologen basirt, eine Reihe raffinirter Deutungen von aphrodisischen Beinamen vorgetragen, die vielleicht alle oder grösstentheils ganz harmlos zu erklären sind. Wer wollte z. B. ohne weiteres glauben, dass die Bürger von Abydos eine von Gemeindewegen verehrte Gottheit durch den Beinamen Πόρνη (Athen. XIII, S. 572) im Sinne von meretrix beschimpft hätten? Mit vollständigerem Suffix und regelrechter Metathesis des ρ lautet Πρόναια, ein Beiname der Athena, während der Ἀπόλλων Πορνοπίων denselben Stamm aufweist. Auch bleibt zu berücksichtigen, dass πόρνη vor Zeiten vielleicht ein eben so anständiges Wort war wie παρθένος. Der «Pessimismus der Sprache» kann es ebensogut herabgewürdigt haben, wie etwa das deutsche «Dirne» oder französische «fille». Aehnlich steht es mit der Ἀφροδίτη Ἑταίρα in Athen und Ephesos. Die schimpfliche Nebenbedeutung dieses Wortes ist nicht älter als die attische Literatur, jener Beiname ist dagegen vielleicht weit früher dagewesen und kann damals eine andere Lautform und Bedeutung gehabt haben.

Wenn von semitischem Einfluss auf den Aphroditekult die Rede ist, so pflegt man mit Vorliebe das Hieroduleninstitut von Korinth anzuführen. Das Heiligthum der dortigen Aphrodite besass eine Anzahl Skavinnen, welche zugleich als Hetären dienten. Ihr loses Abhängigkeitsverhältniss zum Tempel gab ihnen eine Stellung, die es Pindar erlaubte, sie in einem halb scherzhaften Skolion (fr. 99) zu feiern, Simonides in einem Epigramm. Ihre Zahl soll zu Zeiten über tausend betragen haben, und reiche Leute setzten eine Ehre darin, der korinthischen Aphrodite die schönsten Sklavinnen zu weihen, wie uns Strabon (VIII, p. 378) erzählt. Dieses Tempeleigenthum hat man mit dem schimpflichsten der Bräuche (ὁ δὲ δὴ αἴσχιστος τῶν νόμων) zu Ehren der Mylitta verglichen, den uns Herodot (I, 199) von den freien unberührten Mädchen Babylons meldet und den die alttestamentlichen Schriften von den Weibern der Kanaaniter hervorheben. Kaum ein neuerer Autor hat die Identificirung beider Institute unterlassen, wenn er auf die πολύξεναι νεάνιδες Pindar's zu sprechen kam.

Man darf hiergegen eher mit Pindar sagen σὺν ἀνάγκᾳ πᾶν καλόν, wenn man z. B. in Duncker's Gesch. des Alterthums die Worte liest: «Auf der Höhe von Akrokorinth dienten Jungfrauen mit ihrem Leibe der Aphrodite; sie übten damit den Brauch, der der Aschera der Syrer gebührte». Diese Jungfrauen waren vielmehr Hetären und wie die meisten derselben Sklavinnen. Sie gehörten der Göttin nach demselben Rechte, wie es an vielen Tempeln Griechenlands männliche und weibliche Hierodulen, Tempelsklaven, gab. Eigenthümlich ist nur der unsittliche Dienst, zu dem man sie in Korinth verwandte. Wir glauben gern, dass dieses sonderbare Inventar für einen hellenischen Tempel etwas Fremdes war. Die griechischen Schriftsteller, die davon reden, heben denn auch das Aussergewöhnliche und Vereinzelte der Sache deutlich genug hervor. Wir haben keinen Grund, semitischen Brauch vorauszusetzen, am allerwenigsten, darin ein Ueberbleibsel ehemals auf Akrokorinth ansässiger Phönizier zu wittern. Strabon (XII, 558) sagt es mit deutlichen Worten, woher die Einrichtung stammt. Bei der Beschreibung von Komana im Pontos und des dort befindlichen Tempels der grossen Göttin bemerkt er, es gäbe dort πλῆθος γυναικῶν τῶν ἐργαζομένων ἀπὸ τοῦ σώματος, ὧν αἱ πλείους εἰσὶν ἱεραί. τρόπον γάρ δή τινα μικρὰ Κόρινθός ἐστιν ἡ πόλις. Also aus dem Pontos von den Kleinasiaten ist die Einrichtung nach der üppigen hellenischen Handelsstadt gedrungen und von hier wohl auch, den Handelswegen Korinth's folgend, nach dem unteritalischen Lokroi (Justin. XXI, 3).

Fragen wir also, wo der Ursprung des Aphroditekultes zu suchen ist, so ergiebt sich die Antwort wohl von selbst aus den vorausgegangenen Erörterungen. Nicht bei den Phöniziern, nicht auf Kypros oder Kythereia, sondern in dem dunklen Schosse des Volksgeistes, aus welchem in entlegenen vorgeschichtlichen Zeiten die hellenische Religion entstand. Einzelne Einblicke in diese Zeiten zu thun, berechtigt und ermöglicht uns heute unser weiterer Ueberblick über viele Völker und ihre Religionen, unsere geschulte Kritik und der freiere, unbefangenere historische Umblick. Die Aufgabe unserer Philologie ist es, die Irrthümer der alten Wissenschaft, an die sie anknüpft, aufzusuchen, zu beurtheilen und den richtigen Zusammenhang der Dinge wiederherzustellen. Die Fehler der Alten, deren Berichtigung wir uns hier gewidmet haben, entsprangen Mängeln, welche in ihrer Gesammtwirkung ein ungeheueres Gewebe von Irrthümern erzeugt haben. Vor allem fehlte es ihnen an einem auch nur entfernt genügenden Maassstabe, welchen sie an ihre älteste Geschichte und die der Nachbarvölker hätten legen können. Herodot hat es, trotz dunkler Ahnung, nicht völlig fassen können, dass die Verehrung der hellenischen Götter aus einer anderen geschichtlichen Wurzel entsprang, als die der orientalischen. Für ihn, als echten Griechen, deckte sich in dieser Beziehung das Fremde mit dem Heimischen. Dass er dem Oriente die zeitliche Priorität zuschrieb, erklärt sich aus seiner Zeit und den örtlichen Bedingungen seiner Forschung. Sonst sind seine Landsleute gewöhnlich umgekehrt verfahren. Sie haben überall im Oriente Hellenisches gesucht. Ein späterer Autor (Euseb. Praep. ev. I, 10), den wir nur beispielsweise nennen, drückt das so aus, dass die Phönizier die Aphrodite Astarte genannt hätten. Herodot gerieth umgekehrt auf die Meinung, die Astarte sei von den Hellenen Aphro-

dite genannt. In Wahrheit konnte es sich nur darum handeln, zwei Götterverehrungen, die bei zwei verschiedenen Völkern aus den gleichen primitiven Conceptionen entsprungen und ähnlich ausgebildet waren, mit einander zu vergleichen. Die vergleichende Religionswissenschaft, die auf Grund anthropologischer Forschung uns die heidnischen Religionen allmählich als einen aus denselben im Menschen liegenden Anlagen entsprossenen Baum erkennen lehrt, muss uns vor jeder historischen Vermengung bewahren. Astarte und Aphrodite dürften zuerst auf Kypros mit einander verglichen worden sein, der Insel, wo auch zuerst semitische und hellenische Religion zusammen trafen. Dieses dürfte die Rolle von Kypros im Zusammenhange dieser Frage sein. Im übrigen sind die Unkritischsten unter uns gewiss im Stande, ähnliche unvollkommene Göttergleichungen richtig zu beurtheilen. Sicher wird es Niemand einfallen, den Kultus des Mercurius, Hercules, Mars, Minerva u. s. w. von den Germanen oder Galliern herzuleiten, obgleich die Römer, der Gewohnheit des Alterthums gemäss, ihnen jene Namen aufbürden. So verhält es sich auch mit der Aphrodite. Seltsam muss es erscheinen, wie ein so gefeierter Forscher, wie E. Curtius, unter vielem Beifall der Mitforscher, die banalen Irrthümer der Alten noch übertreffen konnte, indem er nicht bloss Aphrodite, sondern auch fast alle übrigen weiblichen Gottheiten der Hellenen in den unbekannten und unbestimmten Orient hinüberspielte. Die Autorität dieses so hoch verdienten und berühmten Gelehrten sollte jüngere Forscher nicht dazu verführen, die griechische Religion noch fernerhin mit Zuthaten zu mengen und zu mischen, nach denen sie sich erst in den Ländern aller östlichen Heiden umthun. Indem wir uns den Eckstein des Synkretismus zu entfernen bemühten, hoffen wir im Gegentheil den Weg gewiesen zu haben, auf dem auch alle übrigen fremden Beimischungen in der älteren Religionsgeschichte der Hellenen, z. B. bei Herakles u. a., entfernt werden können.

Wir sind am Schlusse unserer Untersuchung angelangt. Mit vollem Rechte hat man gesagt, die älteste Geschichte der Hellenen sei die ihrer Religion. Sie selbst haben mit einem bewundernswerthen Aufgebot von Geist, Scharfsinn und Gelehrsamkeit ihre älteste Geschichte aus einer mangelhaft verstandenen religiösen Literatur ungeschichtlichen Inhaltes herausgearbeitet. Uns fällt die in dieser Beziehung etwas melancholische Aufgabe zu, die Fehler der Alten und Modernen kritisch zurechtzustellen. Wir haben auf die Geduld unserer Leser trotzdem gerechnet, in dem Bewusstsein, zur Erkenntniss eines nicht unwichtigen Capitels der Geistesgeschichte bescheidene Beiträge geben zu können, und zunächst der Erkenntniss der ältesten Geschichte von Hellas und seiner Religion ein entfremdetes Eigenthum wieder zuzuwenden.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01769 5701